

# **Sähkö- ja instrumentointisuunnittelun kehittäminen ATEX-ympäristössä hyödyntäen mallipiirikaavioita**

Juhani Katainen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2015

Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Katainen, Juhani	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 17.5.2015
	Sivumäärä 37	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty:
Työn nimi <b>Sähkö- ja instrumentointisuunnittelun kehittäminen ATEX-ympäristössä hyödyntäen mallipiirikaavioita</b>		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Vesa Hytönen, Pasi Puttonen		
Toimeksiantaja(t) Elomatic Oy		
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Elomatic pyrkii kehittämään suunnittelutoiminnasta automaattisempaa. Myös sähköinstrumentointisuunnittelua voidaan tehostaa kehittämällä mallipohjiin perustuvia menetelmiä. Opinnäytetyö tehtiin kehitysprojektina tavoitteenaan nopeuttaa ja yhdenmukaistaa suunnittelutyötä.</p> <p>Sähkö- ja instrumentointisuunnittelun osalta opinnäytetyössä keskityttiin tehostamaan CADS Planner Electric Pro -suunnitteluohjelmiston käyttöä pääosin sen tietokantaominaisuuksien näkökulmasta. Räjähdysvaarallisten tilojen sähkösuunnittelun tehostamiseksi työssä perehdyttiin niitä koskeviin standardeihin. Suunnittelun yhdenmukaistamiseksi työssä piirrettiin mallipiirikaavioita yleisimmistä prosessi- ja tuotantoautomaation sähköpiireistä sekä luotiin taulukkopohjia luetteloita varten.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi ohjedokumentteja ja asetustiedostoja CADSin käytön tehostamiseksi sekä ohjeita uudelle räjähdysvaarallisten tilojen sähkösuunnittelijalle. Elomaticin sisäiselle verkkolevylle on perustettu hakemisto projektissa tuotettuja tiedostoja varten. Muutamia tutkittuja menetelmiä testattiin käytännössä eräässä suunnitteluprojektissa.</p> <p>Palavereiden ja kokemusten perusteella CADSin käytön tehostamiseksi tutkittujen menetelmien soveltaminen todellisiin projekteihin Elomaticilla on haastavaa. ATEX-suunnittelua varten tehdyt ohjeet puolestaan onnistuivat hyvin toimiessaan muistilistana sekä ohjeina tarvikevalinnoissa ja asennuksissa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) ATEX, CADS, sähkö, instrumentointi, suunnittelu, räjähdysvaaralliset tilat, malli, piirikaavio		
Muut tiedot		



Author(s) Katainen, Juhani	Type of publication Bachelor's thesis	Date 17.5.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 37	Permission for web publication:
Title of publication <b>Electrical engineering and instrumentation in explosive atmospheres utilizing circuit diagram models</b>		
Degree programme Automation Engineering		
Tutor(s) Hytönen, Vesa; Puttonen, Pasi		
Assigned by Elomatic Oy		
<p>Abstract</p> <p>Elomatic is pursuing for more automatized engineering. Electrical and instrumentation engineering can also be optimized by developing and using base models. The purpose of the thesis was to reduce working hours in a project.</p> <p>E&amp;I engineering was optimized by focusing on an engineering software CADS Planner Electric Pro and its database utilities. E&amp;I engineering in explosive atmospheres was taken into account by becoming familiar with the standards associated with ATEX. Model circuit diagrams of the most common circuits of process and production automation were drawn and uniform Excelsheets for list generations were prepared to unify electrical engineering throughout Elomatic.</p> <p>As a result of the thesis the instruction documents for CADS's utilities and instructions of electrical engineering in explosive atmospheres were written. Also setting files to optimize working with CADS were prepared. All the files and documents were stored on Elomatic's internal network drive. Some of the CADS's utilities were tested in practice in an engineering project.</p> <p>Based on meeting discussions and from experience a vast deployment of CADS tools in practice is challenging in Elomatic's projects; however the instructions for E&amp;I engineering in ATEX environment have appeared to be successful as a checking list for ATEX installations and instrumentation.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) ATEX, CADS, electrical, instrumentation, engineering, explosive atmosphere, model, circuit diagram		
Miscellaneous		

## Sisältö

Käsitteet ja lyhenteet .....	4
<b>1 Johdanto .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Elomatic Oy .....</b>	<b>6</b>
<b>3 CADS Planner Electric Pro -suunnitteluohjelmisto .....</b>	<b>7</b>
<b>4 Tutkimus- ja kehittämismenetelmät .....</b>	<b>8</b>
<b>5 Räjähdyksvaaralliset tilat .....</b>	<b>9</b>
5.1 Mitä on ATEX? .....	9
5.2 Räjähdyksvaarallisten tilojen sähkösuunnittelun historia .....	10
5.3 ATEX käytännössä .....	11
5.3.1 ATEX-direktiivin tavoite .....	11
5.3.2 Tilaluokitus .....	12
5.3.3 Laitteiden vaatimukset .....	13
5.3.4 Asennusmenetelmät .....	16
5.4 Exi-piirit .....	17
5.4.1 Exi-piirin periaate .....	17
5.4.2 Exi-piirin varmentaminen .....	17
5.4.3 NAMUR-tekniikan toimintaperiaate .....	19
<b>6 Sähkö- ja instrumentaatio-suunnittelun tehostaminen .....</b>	<b>20</b>
6.1 Tehtävät suunnittelun tehostamiseksi .....	20
6.2 Piirikaavioiden generointi Excel-taulukosta .....	21
6.3 Electric DB -tietokantatyökalu ja sen toiminnot .....	24
6.3.1 Electric DB -työkalun ja sen toimintojen taustaa .....	24
6.3.2 I/O-konfiguraatio .....	24
6.3.3 DB-luettelot .....	27
6.3.4 Tuotetiedot .....	28

6.3.5	Kilpitiedot .....	28
7	<b>ATEX-suunnittelu</b> .....	29
8	<b>Projektin tulokset</b> .....	31
8.1	Tulosten esittely .....	31
8.2	CADS-tiedostot .....	31
8.3	Ohjedokumentit .....	32
9	<b>Pohdinta</b> .....	33
	Lähteet.....	36

## Liitteet

Liite 1. Tilaluokituksen parametrit ja laitesuojaustasot

Liite 2. I/O-mallipiirikaavio

Liite 3. Access hakulauseke

Liite 4. Excel-pohja I/O-luettelon generointiin

Liite 5. Excel-taulukko Exi-piirin varmentamiseen

Liite 6. Kooste kehitysprojektin ohjeista

Liite 7. Kaavio ATEX-direktiivistä

Liite 8. Kooste opastusvideoista

## Taulukot

Taulukko 1	Esimerkki tilaluokituksen parametreista .....	13
Taulukko 2	Pölytilojen maksimi lämpötilat .....	13
Taulukko 3	Esimerkki laitteen Ex-merkinnästä .....	14
Taulukko 4	Exi-piirin varmentamisessa käytettävät suureet .....	18
Taulukko 5	Exi-piirin kapasitanssin ja induktanssin kriteerit 1 .....	18
Taulukko 6	Exi-piirin kapasitanssin ja induktanssin kriteerit 2 .....	19
Taulukko 7	Lista piirretyistä mallipiirikaavioista .....	23

## Kuviot

Kuvio 1 Ex-merkki .....	11
Kuvio 2 NAMURin rakenne.....	19
Kuvio 3 Esimerkki generoinnin Excel-taulukosta .....	21
Kuvio 4 Pohjakuva Excel-generointia varten.....	21
Kuvio 5 Linkittyminen Excel-taulukon ja piirikaaviokuvan välillä.....	22
Kuvio 6 Uuden I/O-kortin luominen.....	26
Kuvio 7 CADSin tiedostojen kansiorakenne .....	32

## Käsitteet ja lyhenteet

ATEX-direktiivi = Euroopan unionin direktiivi koskien räjähdysvaarallisia tiloja ja niiden laitteita

ATEX = Räjähdysvaaralliset tilat (**AT**mosphères **EX**plosives)

CAD = Tietokoneavusteinen suunnittelu

CADS = Tässä raportissa Kymdata Oy:n CADS Planner Electric Pro  
-sähkösuunnitteluohjelmisto

CENELEC = European Committee for Electrotechnical Standardization,  
eurooppalainen sähköalan standardisointiorganisaatio

DB = Database, tietokanta

EIA&IT = Electrification, Instrumentation, Automation & IT, sähköistys,  
instrumentointi, automaatio & IT, Elomaticin yksi tulosityksiköistä

EN-standardi = Eurooppalainen standardi

EPL = Equipment Protection Level, laitesuojaustaso

Ex = Merkintä laitteessa tarkoittaa, että sillä on ATEX-luokitus.

I/O = input/output, signaalin sisääntulo/uloslähtö

IEC = International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan  
standardisointiorganisaatio

IEC-standardi = Kansainvälinen sähkötekniikkaa koskeva standardi

SESKO = Suomen sähköteknillinen standardisoimisyhdistys

SFS = Suomen standardisoimisliitto

SI = Sähkösuunnittelu ja instrumentointi, laitevalintoja ja niiden sähköistys

SQL = Structured Query Language, ohjelmointikieli tietokantahakuja varten

VDE = Saksalainen sähkö-, elektroniikka- ja IT-alan järjestö

## 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö keskittyi kehittämään toimintamalleja sähkö- ja instrumentaatio suunnitteluun räjähdysvaarallisessa tilassa sekä tehostamaan tietokoneavusteista suunnittelua. Lyhennän tässä raportissa sähkö- ja instrumentaatio suunnittelun SI-suunnitteluksi. Tietokoneavusteisen suunnittelun tehostamisella tarkoitetaan erilaisten vakiomallien luomista ja automatisoitujen työkalujen käyttöä, jotta toistuvia työvaiheita saadaan vähennettyä. Opinnäytetyö tehtiin kehitysprojektina Elomatic Oy:lle tehostamaan koko EIA&IT-yksikön toimintaa.

Tarve kehittää ATEX- ja SI-suunnittelua nousi suunnittelijoiden havainnoista sekä Elomaticin strategiasta kehittyä alalla kilpailukykyisemmäksi. Omakohtaisen kokemuksenikin perusteella monia tietokoneavusteisen suunnittelun työvaiheita voitaisiin nykykäytäntöjen sijaan tehdä automatisoidusti. Esimerkiksi erilaisia suunnittelun dokumentteja, kuten luetteloita hallitaan tällä hetkellä paljon käsin.

Opinnäytetyön tekemiseksi toimeksiantaja käynnisti Elomaticin sisäisen kehitysprojektin. Elomaticin Jyväskylän EIA&IT-yksikön ryhmäpäällikkö Juhani Kääriäinen laati suunnitelman kehitysprojektin käynnistämiseksi. Tämän suunnitelman mukaan suunnitteluun tarvittavaa tuntimäärää pyritään vähentämään, jolloin tarjouksista saadaan kilpailukykyisempiä. Lisäksi suunnitelmassa esitetään, että ATEX-osaamista on pyrittävä vahvistamaan, jolloin ATEX-suunnittelua voidaan markkinoida vahvemmin ja osaamista saataisiin hajautettua useammille suunnittelijoille. (Kääriäinen 2015.)

Opinnäytetyön tehtävänä oli saada aikaan dokumentteja, ohjeita ja malleja, joiden avulla sähkösuunnitteluprojektin toteutus sekä ylläpito helpottuvat ja jatkuvasti toistuvat työvaiheet nopeutuvat. Tällaisia dokumentteja ovat esimerkiksi havainnolliset ja riittävän kattavat ohjeet uusien CADS Planner Electric Pro -suunnitteluohjelmiston ominaisuuksien käyttöönottoon. Lisäksi niitä ovat valmistellut mallikuvat ja pohjataulukot, joita suunnittelija voi joko käyttää suoraan



tai niistä muokkaamalla saada kuhunkin projektiin sopivia. Lisäksi tällaiset ohjeet opastavat käyttämään tehokkaasti CADSin tietokantatyökaluja, joilla projektitietoja saadaan siirtymään luetteloista projektin tietokantaan ja päinvastoin.

Mallipiirikaavioista oli tarkoitus tehdä sellaisia, että niiden muotoa voisi noudattaa myös tulevaisuudessa ja niistä voisi ottaa mallia mahdollisiin uusiin mallipiirikaavioihin.

Toisena päätehtävänä oli luoda ohjeita ATEX-suunnittelun aloittamisen helpottamiseksi. Käytännössä suunnittelija hankkii ATEX-suunnittelun pätevyyden valtuutetulla koulutuksella, minkä jälkeen tämän opinnäytetyön tuloksena syntyneet ohjeet auttaisivat suunnittelijaa soveltamaan koulutuksen tietoja käytäntöön. Lisäksi tehtävänä oli koota muistilista erilaisista vaiheista ja asioista, jotka täytyy ottaa suunnittelussa huomioon. Parhaimmillaan hyvät ohjeet ja tiivistelmät madaltavat kynnystä laajentaa tietämystä ja ryhtyä ATEX-suunnitteluun. ATEX-suunnittelun helpottamiseksi tein tässä projektissa tehtävistä mallipiirikaavioista myös sellaisia versioita, jotka soveltuvat Exi-piireille. Exi-piireistä kerrotaan luvussa 5.4.

## 2 Elomatic Oy

Elomatic Oy on suomalainen perheyrittys, jonka perusti Ari Elo vuonna 1970. Elomaticin tunnetuin tuote on 1980-luvulla lanseerattu 3D-suunnitteluohjelmisto Cadmatic. Elomatic työllistää noin 700 työntekijää, joista suurin osa työskentelee Turun ja Jyväskylän toimipisteissä. Muita Suomen toimipisteitä sijaitsee Helsingissä, Tampereella, Oulussa ja Porissa. Elomaticin ulkomaisia toimipisteitä sijaitsee Puolassa, Arabiemiraateissa, Serbiassa, Venäjällä, Kiinassa, Italiassa sekä Intiassa. Suomesta käsin tehdään töitä myös ulkomaille. (Meidän tarinamme n.d.; Toimistot n.d.)

Elomatic tarjoaa monipuolisesti erilaisia palveluita liittyen räjähdysvaarallisiin tiloihin. Suurin osa niistä liittyy räjähdysvaaran mekaaniseen puoleen, joita ovat esimerkiksi painelaskelmat sekä seurausten minimointi. Palveluihin kuuluu myös SI-suunnittelua

sivuavat laitekohtaiset vaaranarvioinnit sekä laitteiden vaatimustenmukaisuuden arviointi. Tietenkin tarjottavista palveluista tilaluokitusten tekeminen vaikuttaa SI-suunnitteluun eniten. (ATEX n.d.)

### 3 CADS Planner Electric Pro -suunnitteluohjelmisto

CADS Planner Electric Pro on suomalaisen vuonna 1979 perustetun Kyndata Oy:n tietokoneavusteinen sähkösuunnitteluohjelmisto. Kyndata on kehittänyt 30 vuoden ajan CAD-ohjelmistoja muillekin toimialoille, kuten koneensuunnittelulle, LVI-suunnittelulle sekä arkkitehti- ja rakennesuunnittelulle. (Kyndata Oy n.d.; Tuotteet n.d.)

CADSissä on lisäksi erilaisiin sähkösuunnittelutyyppeihin erikoistuneita alisovelluksia. Näillä alisovelluksilla saadaan juuri tietylle suunnittelutyypille sopivat ominaisuudet ja työkalut käyttöön. Nämä alisovellukset ovat nimeltään keskuskaaviot, keskuslayout, piirikaaviot sekä tasopiirustus. Nimensä mukaisesti ne soveltuvat erityyppiseen suunnitteluun. Tässä opinnäytetyössä käytettiin piirikaaviot-sovellusta.

Haastattelemani projektipäällikkö Timo Mäkinen kertoi, että Elomaticilla on käytetty CADS Planner Electriciä 1990-luvun lopulta asti. Sähkösuunnitteluohjelmisto, joka on aiemmin tunnettu nimellä SähköCADS, on ollut käytössä pääasiassa vain Jyväskylän toimipisteen sähköryhmässä aina versiosta 9 asti. Uusin CADS Planner Electric Pro kantaa versionumeroa 16.1. CADS tuli Elomaticille korvaamaan sähkösuunnittelussa CAD-ohjelmat, jolloin kuvaan saatiin attribuuttitietoja. SähköCADS tuli valituksi, koska silloisella isolla asiakkaalla oli se käytössä. (Mäkinen 2015.)

## 4 Tutkimus- ja kehittämismenetelmät

Kehitin suunnittelun tehostamismenetelmiä perehtymällä tietokantatyökaluihin ja tutkimalla ohjeita ja opastuksia. Lisäksi pyrin yrityksen ja erehdyksen kautta pääsemään haluttuun lopputulokseen. Haluttu lopputulos oli siis mahdollisimman tehokas, mutta samalla riittävän yksinkertainen tapa käyttää suunnittelussa valmiita pohjia piirikaavioiden generoimiseen. Opettelin ensin itse käyttämään näitä työkaluja sujuvasti sekä ymmärtämään niiden toiminnan, jotta voin soveltaa työkalujen ominaisuuksia vastaamaan paremmin Elomaticin tarpeita. Samalla kuitenkin arvioin yksittäisen työkalun tai ominaisuuden tärkeyttä ja soveltuvuutta palvelemaan haluttua tarkoitusta.

Huomasin myös, että voidakseen käyttää kaikkia CADSin ominaisuuksia tehokkaasti aloittaessaan uutta projektia suunnittelijan on ehkä käytettävä hieman erilaista lähestymistapaa, kuin mihin on aikaisemmin totuttu. Suunnittelijan on todennäköisesti tehtävä aikaisempaa enemmän pohjatyötä, mutta osattava samalla arvioida projektin laajuuden perusteella, kuinka paljon aikaa pohjatyöhön kannattaa käyttää.

Kehitystyötä tehdessäni arvioin myös sitä, kuinka monimutkaisia menetelmiä on järkevää yrittää soveltaa. Minun oli otettava huomioon se, että aikaa vievää pohjatyötä on järkevää tehdä vain laajassa projektissa, mutta siinäkin tapauksessa sitä ei välttämättä tehdä perusteellisesti, mikäli menetelmät ovat liian monimutkaisia tai raskaita työkaluihin ennalta perehtymättömälle suunnittelijalle.

Suurimpana haasteena oli saada ohjeista oikeasti käyttäjäystävällisiä. Yritin samaistua pitkään alalla työskennelleen suunnittelijan asemaan. Tällainen suunnittelija palaa nopeasti käyttämään vanhoja, tuttuja ja helpommin ymmärrettäviä menetelmiä, jos uusia ei tuoda esille riittävän helposti ja yksiselitteisesti. Nuorempien ja tietotekniikkaan tottuneiden työntekijöiden on ehkä helpompi omaksua kehittämieni menetelmien käyttö. Nuoremmille suunnittelijoille ei myöskään ole vielä vakiintunut mitään tiettyä toimintatapaa, jolloin uusien ja

erilaisten menetelmien kokeileminen on todennäköisesti helpompaa. Uusista menetelmistä ja niiden ohjeista on heti käytävä ilmi niiden käyttökelpoisuus, koska muuten niiden käyttöön ottamiseen ei uhrata rajallisia suunnittelutunteja.

Testasin arviointiani eri menetelmistä ja niiden käyttökelpoisuudesta käytännön kokemuksiin ja mielipiteisiin, joita sain työkavereiltani. Pidin esimieheni kanssa seurantalapalavereita, joissa esimerkiksi arvioitiin projektin edistymistä yrityksen strategian mukaisesti. Lisäksi haastattelin muita suunnittelijoita siitä, minkälaisista asioista olisi oikeasti hyötyä käytännössä. Kirjasin haastatteluista ja palavereista muistiot.

## 5 Räjähdyksivaaralliset tilat

### 5.1 Mitä on ATEX?

Tehtäessä sähkösuunnittelua räjähdysvaaralliseen tilaan suunnittelijan täytyy huomioida yleisen sähköturvallisuuden lisäksi räjähdysvaaran asettamat erityisvaatimukset. Tällaisten tilojen asennusten perusvaatimukset sisältyvät Euroopan Unionin ATEX-direktiivin perusteella tehtyihin kansallisiin päätöksiin. Näitä päätöksiä täydentävät useat standardit, jotka on johdettu kansainvälisen sähköalan standardisointiorganisaation IEC:n standardeista. (ST-kortti 51.83, 2014; SFS-käsikirja 604-1, 2010, 8–9.)

ATEX-direktiivillä tarkoitetaan Euroopan yhteisön direktiivejä. Erityisesti sillä viitataan laitedirektiiviin 1994/9/EY, mutta myös olosuhdedirektiiviin 1999/92/EY, jotka koskevat räjähdysvaarallisia tiloja ja niissä käytettäviä sähköisiä sekä mekaanisia koneita ja laitteita (ST-kortti 51.83, 2014). ATEX-direktiivi ei ole sellaisenaan käytössä Suomessa vaan sen pohjalta on säädetty kauppa- ja teollisuusministeriön asetus (917/1996) sekä päätös (918/1996) räjähdysvaarallisiin ilmaseoksiin tarkoitetuista laitteista ja suojausjärjestelmistä. ATEX-direktiiviä sovelletaan käytäntöön SFS-EN 60079 -sarjan standardeilla. Liitteessä 7 oleva kaavio pyrkii selventämään direktiivien ja asetusten suhdetta sekä standardin kehityskulkua. (SFS-käsikirja 604-1, 2010, 6.)

Vuonna 2014 voimaan tulleen uuden ATEX-direktiivi muutokset koskevat lähinnä laitevalmistajia ja valtuutettuja laitoksia (Nurmi 2015). Nurmen mukaan sekä nykyinen että uusi ATEX-direktiivi ei määrittele standardien sisältöä vaan oikeastaan päinvastoin, koska näillä standardeilla on paljon pidempi vakiintunut historia kuin direktiiveillä. Tästä syntyy erikoinen suhde direktiivin ja standardien välille, jossa pitää miettiä, miten direktiivissä ilmaistaan standardien mukainen tilanne, eikä toisinpäin, kuten tuntuisi luonnollisemmalta.

## 5.2 Räjähdyksivaarallisten tilojen sähkösuunnittelun historia

Räjähdyksivaarallisiin tiloihin tarkoitettujen laitteiden standardisointi käynnistyi, kun IEC:ssä perustettiin sitä varten tekninen komitea TC 31 vuonna 1948. Aluksi otettiin huomioon vain sähkölaitteet sekä nesteiden, kaasujen ja sumujen aiheuttama räjähdysvaara. (SFS-käsikirja 604-1, 2009, 6)

Euroopan maita koskevien EN-standardien kokoamisessa otettiin mallia saksalaisen VDE:n standardista. VDE:n standardissa Ex-laitemerkintä oli samannäköinen, kuin tällä hetkellä käytössä oleva merkintä. EN-standardien tullessa voimaan merkintään lisättiin E-kirjain ilmoittamaan EN-standardin mukaisuudesta, jolloin merkinnästä tuli EEx. EN-standardeihin lisättiin alkuperäisen IEC:n komitean määritelmien lisäksi pölyluokitukset sekä mekaaniset eli ei-sähköiset laitteet. (Hellsten 2014.)

ATEX-direktiivi koottiin päivitetyistä EN-standardeista ja Ex-merkinnästä jäi pois ylimääräinen E-kirjain. EEx-sertifioituja laitteita saa edelleen valmistaa ja asentaa, mutta niiden vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa pitää olla selvitys siitä, että standardien muutokset eivät koske kyseessä olevaa laitetta lainkaan tai ne eivät ole merkittäviä. (Hellsten 2014.)

Suomessa nykyinen ATEX-järjestelmä otettiin käyttöön, kun kumotun päätöksen 1698/1993 siirtymäaika päättyi 30.6.2003 ja Valtioneuvoston asetus 576/2003 astui voimaan 1.9.2003. Hellstenin mukaan merkittävimmät ATEX-direktiivin tuomat

muutokset räjähdysvaarallisten tilojen suunnitteluun olivat räjähdysuojausasiakirja, pölytilojen luokittelu sekä mekaaniset eli ei-sähköiset laitteet. Lisäksi sähköisiä laitteita koskevat muutokset liittyivät lähinnä moottorikäyttöihin.

Uusi EU:n ATEX-direktiivi 2014/34/EU on kumonnut direktiivin 1994/9/EY sen liitteen XI mukaan. Uusi direktiivi on astunut voimaan vuoden 2014 alkupuolella, mutta sen merkittävimpiä osia sovelletaan vasta 20.4.2016 alkaen (2014/34/EU 2014). Nurmen (2015) mukaan uusi direktiivi koskee lähinnä laitevalmistajia eikä se tuo muutoksia laitevalintoihin ja asennuksiin.

## 5.3 ATEX käytännössä

### 5.3.1 ATEX-direktiivin tavoite

Räjähdysvaarallisista tiloista puhutaan Ex-tiloina. Niille ominainen varoitusmerkki on kuvion 1 keltainen kolmio. Räjähdysvaarallisissa tiloissa toimiminen ja niihin liittyvillä standardeilla on paljon pidempi historia kuin sillä, mitä nykyään tarkoitetaan ATEX-lyhenteellä. ATEX-direktiivi niputtaa räjähdysvaaran parissa toimimista määrittelevät standardit yhteen ja pyrkii näin yhdenmukaistamaan toimintaa.



Varoitusmerkki on kolmion muotoinen ja siinä on mustat kirjaimet, keltainen tausta ja musta reunus. Keltaisen osuuden on peitettävä ainakin 50 prosenttia merkin alasta.

**Kuvio 1 Ex-merkki (SFS-käsikirja 604-1, 2010, 11)**

Pääasiassa ATEX-direktiivi asettaa vaatimuksia räjähdysvaarallisten tilojen laitteiden valmistajille. Sen tavoitteena onkin varmistaa ATEX-tuotteiden vapaa liikkuvuus EU:n alueella. Tähän pyritään harmonisoimalla vaatimuksia ja käytänteitä yhteensopivuuden muodostamiseksi. Lisäksi ATEX-direktiivi harmonisoi vaatimukset ei-sähköisille laitteille sekä pölyvaarallisiin tiloihin tarkoitetuille laitteille. Mekaaniset laitteet ja pölytilat eivät olleet aikaisemmin olleet sisällytettynä lainsäädäntöön. Näiden vaatimusten sisällyttäminen näkyy myös ATEX-direktiivin myötä harmonisoiduissa EN-standardeissa. (ATEX Guidelines 2012, 10.)

ATEX-direktiiviin liittyvät standardit määrittelevät räjähdysvaaralliset tilat, niihin sopivien laitteiden vaatimukset sekä turvalliset asennusmenetelmät.

Räjähdysvaarallisten tilojen luokituksesta vastaa prosessista tai tuotantolaitoksesta vastaava henkilö. Laitevalmistajien täytyy ottaa huomioon laitteille asetetut vaatimukset ja leimata laitteet niiden mukaan. Oikeanlaisista ja turvallisista asennuksista sekä laitevalinnoista vastaa suunnittelun vastuhenkilö. (Hellsten 2014.)

### 5.3.2 Tilaluokitus

Tilaluokitus tarkoittaa räjähdysvaarallisen tilan parametrien määrittämistä sekä niiden dokumentointia. Dokumentointi tapahtuu piirtämällä kohteesta luokituskuva, josta ilmenee, millä alueella tai missä tilassa on mikäkin tilaluokka voimassa. Pienissä kohteissa tilaluokitukselta riittää kirjallinen selostus. Räjähdysvaarallisen tilan parametrit ovat tilaluokka, räjähdysryhmä ja lämpötilaluokka (ks. taulukko 1). Pölytiloille määritellään lisäksi pölypilven ja pölykerroksen syttymislämpötila sekä pölyn minimisyttymisenergia (ks. taulukko 2). (Hellsten 2014.)

**Tilaluokka** perustuu räjähdysvaarallisen ilmaseoksen esiintymisen

todennäköisyyteen ja keston. Liitteessä 1 on tilaluokkien selitteet ja piirrosrasterit.

**Räjähdysryhmä** määräytyy kaasun tai pölyn ominaisuuksien perusteella. Kaasuille on olemassa taulukoita, joista ilmenee niiden räjähdysryhmä. Kaasujen räjähdysryhmiä kutsutaan myös kaasuryhmiksi, jotka ovat IIA, IIB ja IIC. Kaasuryhmistä IIC on kaikista

herkimmille kaasuille, jotka ovat asetyleeni, rikkihiili ja vety (SFS-käsikirja 604-1, 2010, 147–186). Pölyille vastaavat pölyryhmien määritelmät ovat liitteessä 1.

**Lämpötilaluokka** määrittelee kaikkien tilassa olevien kohteiden suurimman sallitun pintalämpötilan. Lämpötilaluokat ovat T1...T6, joista T1 vastaa 450 celsiusastetta ja T6 85 celsiusastetta (ks. liite 1) (SFS-käsikirja 604-2, 2009, 214).

**Taulukko 1 Esimerkki tilaluokituksen parametreista (Tiedot SFS-käsikirja 604-1, 2010, 59, 212–214; Hellsten 2014)**

Tilaluokka	Kaasu- tai pölyryhmä	Lämpötilaluokka
Tilan Ex luokitus	Kaasun tai pölyn syttymisenergia	Suurin sallittu pintalämpötila
Esimerkiksi. 1	IIB (esim. etyylietteri)	T4 (135 °C)

**Taulukko 2 Pölytilojen maksimi lämpötilat (Tiedot SFS-käsikirja 604-2, 2009, 35)**

Laitteen suurin sallittu lämpötila pölytilassa		
Kerroksen sallittu lämpötila	$T_{max} = T_{5mm} - 75\text{ °C}$	$T_{lay} = T_{5mm} = 5\text{ mm}$ paksuisen pölykerroksen syttymislämpötila
Pilven sallittu lämpötila	$T_{max} = \frac{2}{3} \cdot T_{cl}$	$T_{cl}$ = pölypilven syttymislämpötila

### 5.3.3 Laitteiden vaatimukset

Sähköisille laitteille on olemassa tietyt menetelmät räjähdysvaaran ehkäisemiseksi. Suojausluokkien pääperiaatteet ovat räjähdysten kestävä rakenne, räjähdyskelpoisen materiaalin pääsyn estäminen syttymistä aiheuttaviin osiin sekä laitteen sähköisen energian rajoittaminen niin alhaiseksi, ettei räjähdystä voi syntyä. Eri suojausluokilla voi olla lisäksi suojaustaso a, b tai c. Laite leimataan Ex-merkinnällä (ks. taulukko 3), josta ilmenee laitteen soveltuvuus räjähdysvaaralliseen tilaan eri parametrien osalta.



Ex-laitteiden suojaustasot perustuvat laitesuojaustason (EPL) periaatteeseen, jossa räjähdysvaaraa arvioidaan riskianalyysin kautta (Hellsten 2014). Tavallisesti tilaluokitus perustuu räjähdysvaaran aiheuttavien aineiden läsnäolon todennäköisyyteen ja kestoon (ks. liite 1). Laitteen Ex-merkinnässä suojaustaso voi olla merkinnän lopussa, kuten taulukon 3 kohdassa EPL tai se voi olla suojausluokan lisänä. Esimerkiksi *Ex II 2G Ex db IIC T6* tarkoittaisi samaa asiaa kuin taulukon 3 esimerkki. Liitteessä 1 on tilaluokkien määritelmässä lisäksi niitä vastaavat laitesuojaustasot.

**Taulukko 3 Esimerkki laitteen Ex-merkinnästä (Tiedot SFS-käsikirja 604-1, 2010, 278)**

Selite	Laite-ryhmä	Laite-luokka	Suojaus-luokka	Räjähdys-ryhmä	Lämpötila-luokka	EPL
Esimerkki	II	2G	Ex d	IIC	T6	Gb

Suojausluokka määrittelee, mitä periaatteellista menetelmää laitteessa käytetään räjähdysten syntymisen ehkäisemiseksi. Suojausluokat ovat:

- **Exd**, räjähdyspaineen kestävä rakenne
  - o Voi sisältää kipinöiviä tai kuumia osia
  - o Kaasun pääsyä laitteen sisään ei ole estetty
  - o Kotelon sisällä tapahtuva räjähdys ei leviä ympäristöön eikä aiheuta vaurioita koteloon
  - o Kotelossa olevat purkauskanavat sammuttavat räjähdysten
- **Exe**, varmennettu rakenne
  - o Ei voi sisältää kipinöiviä tai kuumia osia, jotka voivat sytyttää räjähdysriskin materiaalin laitteen sisällä
  - o Kaasun pääsyä laitteen sisään ei ole estetty
  - o Laite on rakennettu ja muotoiltu siten, että se ehkäisee vuotovirtoja, ylilyöntejä ja kipinöintiä

- **Exi**, luonnostaan vaaraton rakenne
  - o Koko virtapiirin energia on rajoitettu niin alhaiseksi, ettei se pysty sytyttämään räjähdysvaarallista seosta.
  - o Rajoituksen on toimittava myös vikatapauksissa
  - o Virtapiiriin kuuluu Exi-laitteen lisäksi kaapelit ja turvallisen alueen liitännäislaite
- **Exo**, öljytäyteinen rakenne
  - o Kaikki laitteen kipinöivät tai kuumat osat on upotettu öljyyn
  - o Liitântätila tai kytkentäkotelo on usein Exe rakennetta
- **Exp**, suojatuuletteinen tai paineistettu rakenne
  - o Voi sisältää kipinöiviä tai kuumia osia
  - o Räjähdyskelpoisen seoksen pääsy syttymislähteeseen estetään ylipaineisen suojakaasun, tavallisesti puhtaan ilman, ylläpidolla
  - o Kotelon ylipainetta tai kaasun virtausta on valvottava
- **Exq**, hiekkatäyteinen rakenne
  - o Vastaava rakenne kuin öljytäyteisessä
  - o Täyteaineena standardin määrittelemä hiekka
- **Exm**, massa valettu rakenne
  - o Kipinöivät ja kuumenevat osat on valettu standardin määrittelemän laatuiseen ja paksuiseen massa
  - o Käytetään usein pienehköissä laitteissa, kuten elektronisissa komponenteissa ja niitä sisältävissä laitteissa
- **Exn**, suojausrakenne
  - o Alennettu vaatimustaso
  - o Suunniteltu käytettävän tilaluokassa 2
  - o Turvallisia normaalikäytössä
- **Exs**, erikoisrakenne
  - o Muista rakenteista täysin poikkeava tai
  - o esim. Exds, osittain poikkeava yhdistelmä rakenne
  - o Vaatii koestuslaitoksen todistuksen
- **tD**, pölytilan tiivis kotelo
  - o Räjähtävä pöly-ilmaseos pidetään erossa syttymislähteistä
  - o Rajoitettu pintalämpötila

(ST-kortti 51.83, 2014)

### 5.3.4 Asennusmenetelmät

Räjähdysvaarallisen tilan asennuksissa on otettava huomioon tiettyjä erityisvaatimuksia. Yleisen sähköturvallisuuden lisäksi kaikkien asennuksien on ehkäistävä räjähdysvaaran riskiä, kuten estämällä kipinöintiä ja liian korkeita pintalämpötiloja. Mekaanisissa laitteissa on huomioitava pintalämpötilojen lisäksi iskuenergiat. (Hellsten 2014.)

Sähköistä kipinöintiä ehkäistään maadoittamalla metalliset osat. Luonnollisesti sähkölaitteet ja niiden rungot maadoitetaan, mutta nyrkkisääntönä kaikkien metallisten osien täytyy olla kytkettynä yhteiseen maapotentiaaliin. Tällaisia osia ovat etenkin kaapelihyllyt ja metalliset putket sekä esimerkiksi ovet ja ovenkahvat. Siirrettävien astioiden ja muiden sellaisten työkalujen maadoituksesta on huolehdittava esimerkiksi nopeasti kytkettävällä pihdillä eli niin sanotulla hauenleualla. (Hellsten 2014; SFS-käsikirja 604-2, 2009, 43, 284.)

Kaapelointi on suunniteltava ja asennettava siten, ettei siitä aiheudu räjähdysvaaraa. Tämä tarkoittaa ensisijaisesti sitä, että käytetään räjähdysvaarallisiin tiloihin sopivia kaapeleita ottaen huomioon esimerkiksi tiiviys kotelon holkkitiivisteessä. Räjähdysvaarallisen tilan ja turvallisen tilan välisissä kaapeliläpivienneissä on noudatettava erityistä huolellisuutta niiden tiiviyn suhteen. On yleensä käytännöllisempää suunnitella läpiviennit siten, etteivät ne mene suoraan räjähdysvaarallisesta tilasta esimerkiksi sähkötilaan vaan jonkin muun turvallisen tilan kautta, kuten esimerkiksi rakennuksen ulkopuolelta. Exi-piirien kaapeleiden on kuljettava omalla reitillään erillään kaikista muun tyyppisistä kaapeleista. Lisäksi käyttämättömien johtimien maadoituksessa ja eristyksessä on oltava tarkkana, sillä Exi-piirien käyttämättömät johtimet voidaan maadoittaa käytännössä vain keskuksen päästä, toisin kuin muut räjähdysvaarallisen tilan vapaat johtimet. (SFS-käsikirja 604-2, 2009, 64–65.)

## 5.4 Exi-piirit

### 5.4.1 Exi-piirin periaate

Exi-piirin toimintaperiaate perustuu suojausluokan "i" periaatteelle. Piiri koostuu liitännäislaitteesta, joka toimii erottimena turvallisen tilan ja räjähdysvaarallisen tilan välillä, kaapeleista ja liitäntäkoteloista sekä itse Exi-laitteesta. Käsittelen seuraavaksi Exi-piirin varmentamista sekä NAMUR-tekniikkaa, jotka ovat kaksi merkittävintä Exi-piireihin liittyvää aihetta koskien SI-suunnittelua.

Exi-piireihin liittyy tietenkin paljon muutakin kuten asennusten erityisvaatimuksia. Tässä raportissa niitä ainoastaan sivutaan luvussa 6.2.3 sillä suurin osa huomioon otettavista asioista liittyen Exi-piireihin on koottu kehitysprojektissa tuotettuun ATEX suunnittelun muistilistaan.

### 5.4.2 Exi-piirin varmentaminen

Exi-piirin varmentamisen tarkoituksena on todentaa kaikkien piiriin kuuluvien laitteiden yhteensopivuus siten, että suojausluokan "i" kriteerit täyttyvät. Exi-piirin varmentaminen on tärkeä osa räjähdysvaarallisten tilojen suunnittelua.

Suojausluokan "i" räjähdysvaaralta suojautumisen periaate poikkeaa merkittävästi muista tavoista ja sitä käytetään paljon prosessi- ja tuotantoteollisuudessa.

Exi-piiriin kuuluu vähintään liitännäislaitte, kaapeli sekä itse Exi-laite.

Varmentamisessa tarkastellaan edellä mainittujen komponenttien jännite-, virta-, teho-, induktanssi- sekä kapasitanssiarvoja, joiden symbolit on koottu taulukkoon 4. (SFS-käsikirja 604-2, 2009, 68–69.)

**Taulukko 4 Exi-piirin varmentamisessa käytettävät suureet (Tiedot SFS-käsikirja 604-2, 2009, 69)**

	Yksikkö	Liitännäislaitte	Exi-laite	Kaapeli
Jännite	V	$U_o$	$U_i$	-
Virta	mA	$I_o$	$I_i$	-
Teho	mW	$P_o$	$P_i$	-
Kapasitanssi	nF	$C_o$	$C_i$	$C_c$
Induktanssi	mH	$L_o$	$L_i$	$L_c$

Jotta laitteet olisivat yhteensopivia, ovat liitännäislaitteen jännite-, virta- ja tehoarvojen oltava pienempiä kuin Exi-laitteen vastaavat arvot. Toisin sanottuna Exi-laitteelle ilmoitetut jännitteen, virran ja tehon arvot ovat sille suurimpia sallittuja arvoja. Valmistaja voi ilmoittaa Exi-laitteelle näistä arvoista myös korkeampia arvoja, jolloin se täyttää vielä jonkin alhaisemman tason kriteerit. (SFS-käsikirja 604-2, 2009, 68.)

Exi-piirin suurimman sallitun kapasitanssin ja induktanssin puolestaan määräävät liitännäislaitteelle ilmoitetut arvot. Piirin kokonaiskapasitanssi ja -induktanssi lasketaan Exi-laitteen sekä sitä syöttävien kaapeleiden arvojen summana. Lisäksi mikäli kumpikin Exi-laitteen kyseisistä arvoista on yli 1 %:n liitännäislaitteen vastaavista arvoista, on liitännäislaitteen arvot  $C_o$  ja  $L_o$  puolitettava. Taulukko 5 ilmaisee edellä mainitut yhteensopivuuden kriteerit Exi-piirin kapasitanssin ja induktanssin suhteen silloin, kun edes toinen Exi-laitteen arvo on alle 1 %:n liitännäislaitteen vastaavasta arvosta. (SFS-käsikirja 604-2, 2009, 69.)

**Taulukko 5 Exi-piirin kapasitanssin ja induktanssin kriteerit 1 (Tiedot SFS-käsikirja 604-2, 2009, 69)**

JOS			Liitännäislaitte		Exi-laite		Kaapeli
$C_i$	$\leq$	$1\% * C_o$	Suurin sallittu				
<b>TAI</b>			$C_o$	$\leq$	$C_i$	+	$C_c$
$L_i$	$\leq$	$1\% * L_o$	$L_o$	$\leq$	$L_c$	+	$L_c$

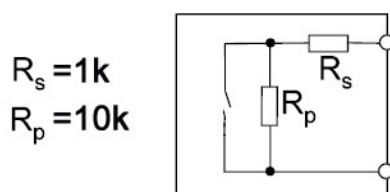
Taulukosta 6 puolestaan ilmenevät yhteensopivuuden kriteerit Exi-piirin kapasitanssille ja induktanssille silloin, kun molemmat Exi-laitteen arvot ovat enemmän kuin 1 % liitännäislaitteen vastaavista arvoista.

**Taulukko 6 Exi-piirin kapasitanssin ja induktanssin kriteerit 2 (Tiedot SFS-käsikirja 604-2, 2009, 69)**

JOS			Liitännäislaitte		Exi-laitte		Kaapeli
$C_i$	>	$1\% * C_o$	Suurin sallittu				
<b>JA</b>			$\frac{1}{2} * C_o$	$\leq$	$C_i$	+	$C_c$
$L_i$	>	$1\% * L_o$	$\frac{1}{2} * L_o$	$\leq$	$L_c$	+	$L_c$

#### 5.4.3 NAMUR-tekniikan toimintaperiaate

Selvitin NAMUR-tekniikan toimintaperiaatteen ja niiden käyttöä suojautumisessa räjähdysvaaraa vastaan. NAMUR on saksalainen järjestö, joka standardisoi kemianteollisuuden mittaus- ja ohjauslaitteita (Normenarbeitsgemeinschaft für Mess- Und Regeltechnik in der Chemischen Industrie). NAMUR-tekniikan toiminta perustuu erittäin mataliin virtasignaalitasoihin. Kuviossa 2 on periaatekuva NAMUR-anturin sähköisestä rakenteesta, joka mahdollistaa kytkentätilan tunnistamisen lisäksi johdinkatkon ja oikosulun havaitsemisen. Taulukossa 8 on hyvin tyypilliset NAMUR-anturin sähköiset arvot. NAMUR-anturin käyttö edellyttää yhteensopivaa liitännäislaitetta, joka pystyy havaitsemaan alhaiset virtasignaalitasojen lisäksi johdinkatkoksen nollavirran tai oikosulun aiheuttaman, noin 8 milliampeerin tai sitä suuremman maksimivirran. (NAMUR-Sensor n.d.)



**Kuvio 2 NAMURin rakenne**

## 6 Sähkö- ja instrumentaatio suunnittelun tehostaminen

### 6.1 Tehtävät suunnittelun tehostamiseksi

Opinnäytetyön tehtävänä oli tuottaa malleja ja ohjeita SI-suunnitteluun ja tehostaa CADSin käyttöä sähkösuunnittelussa. CADSissä on paljon työkaluja, joita ei yleensä tule käytettyä tai niiden olemassaolosta ei edes tiedetä. Kymdatan laatimat harjoitukset ja opastusvideot eivät kata kuin pienen osan kaikista CADSin ominaisuuksista ja työkaluista. Käyn tämän luvun lisäksi luvussa 6.2 läpi CADSin Elomaticilla vähemmän tunnettuja ja käytettyjä ominaisuuksia, jotka kuitenkin mielestäni ovat tietyissä tilanteissa erittäin käyttökelpoisia. Tietokantaan liittyvät työkalut ja niiden hyödyntäminen käsitellään luvussa 6.3.

Kehitystyön lähtökohtana oli saada CADSin käytöstä automaattisempaa. Automaattisempaa käyttöä tukevat erilaiset automatisoidut generoinnit pohjadokumentteja hyväksi käyttäen. Generointia voi tapahtua muista lähteistä CADSiin, jolloin jonkinlaisista lähtötiedoista luodaan perusta uudelle projektille. Toisaalta generoinnilla voidaan tarkoittaa raporttiluetteloiden luontia CADS-projektin tietojen perusteella. CADSin mukana tulee runsaasti erilaisia luettelopohjia, joita hyödyntäen loin uusia pohjia vastaamaan paremmin Elomaticin tarpeita. Lisäksi piirsin piirikaavioiden generointiin tarvittavia mallipiirikaavioita erilaisista piireistä, kuten moottorilähdöistä sekä venttiilinojhaus- ja mittauspiireistä.

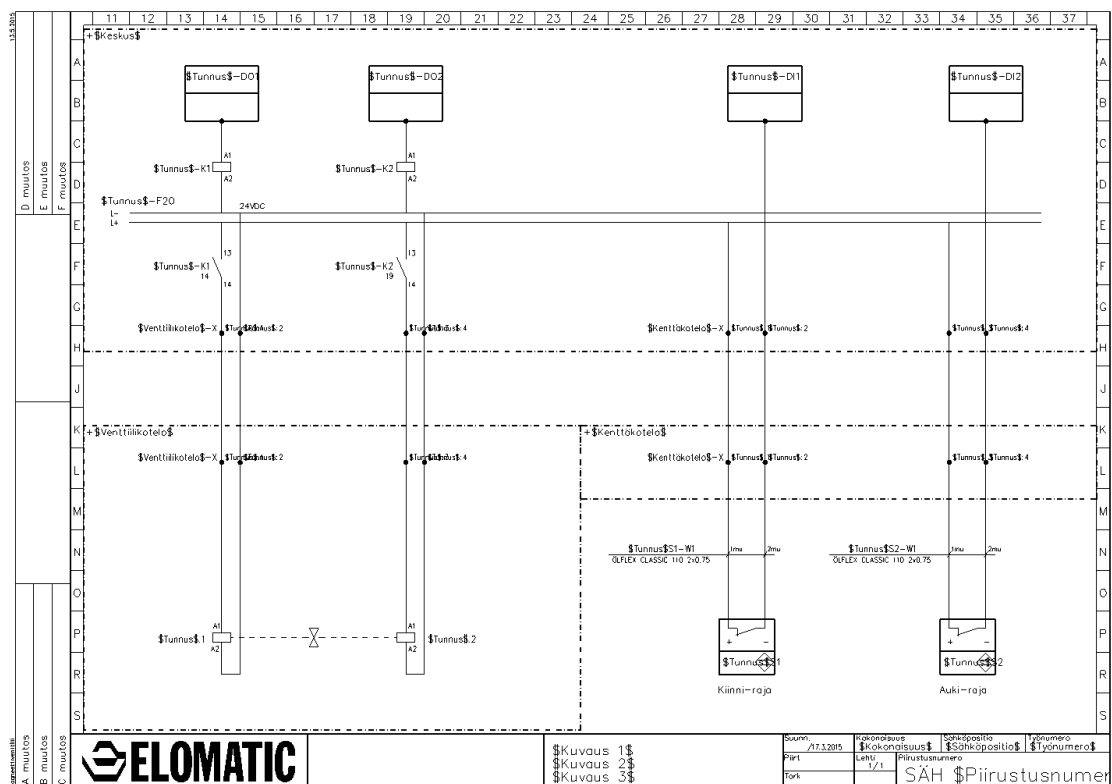
Kokosin yhteen dokumenttiin CADSin käytön vinkkejä muille suunnittelijoille. Kerron ohjeen alussa, kuinka tässä kehitysprojektissa tuotetut ehostukset ja menetelmät saa otettua helpoiten käyttöön. Edellä mainitut ehostukset ja menetelmät liittyvät pääasiassa luvussa 6.3 esiteltyihin tietokantatyökaluihin. Käytännössä käyttäjä voi halutessaan kopioida tietokoneen C-asemalle valmiin kansiorakenteen sisältämine tiedostoineen. Rakenne sisältää CADSin raportointipohjia, tuotetietokantoja sekä tietokantatiedoston, joka sisältää tekemäni kilpimäärytykset (ks. luku 6.3.5). Listasin lisäksi samaan dokumenttiin kaikki sellaiset työkalut ja toiminnot, joista uskon ainakin itselleni olevan hyötyä, kuten esimerkiksi funktionäppäinten toimintojen selitteet.

## 6.2 Piirikaavioiden generointi Excel-taulukosta

Piirikaavioiden generointi Excel-taulukosta perustuu taulukon sarakkeen otsikon ja pohjakuvan tunnuksen välisiin vastaavuuksiin. CADSissä on ominaisuus ”Generoi kuvia pohjakuvien ja Excel-taulukon perusteella”, joka valittua pohjakuvaa käyttäen luo piirikaaviokuvia nimensä mukaisesti. Taulukon yhden rivin tiedot asetetaan kullekin sivulle sarakeotsikon perusteella sille osoitettuun paikkaan. Kuviossa 3 on esimerkki Excel-taulukosta, jonka jokaisesta rivistä generoituu piirikaavioita kuvion 4 pohjakuvan perusteella.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Työnumero	Kokonaisuus	Piirustusnumero	Kuvaus 1	Kuvaus 2	Kuvaus 3	Pohjakuva	Sähköposito	Keskus	Tunnus	Venttiilikotelo
2	12345	6676A	00001	Keskus 01 Pneumasylinteri	Piirikaavio	Magneettiventtiili_3.drw	123		L01	GV8	VK1
3	12345	6676A	00001	Keskus 01 Pneumasylinteri	Piirikaavio	Magneettiventtiili_3.drw	123		L01	GV9	VK1
4	12345	6676A	00001	Keskus 01 Pneumasylinteri	Piirikaavio	Magneettiventtiili_3.drw	123		L01	GV10	VK1
5	12345	6676A	00001	Keskus 01 Pneumasylinteri	Piirikaavio	Magneettiventtiili_3.drw	123		L01	GV11	VK1

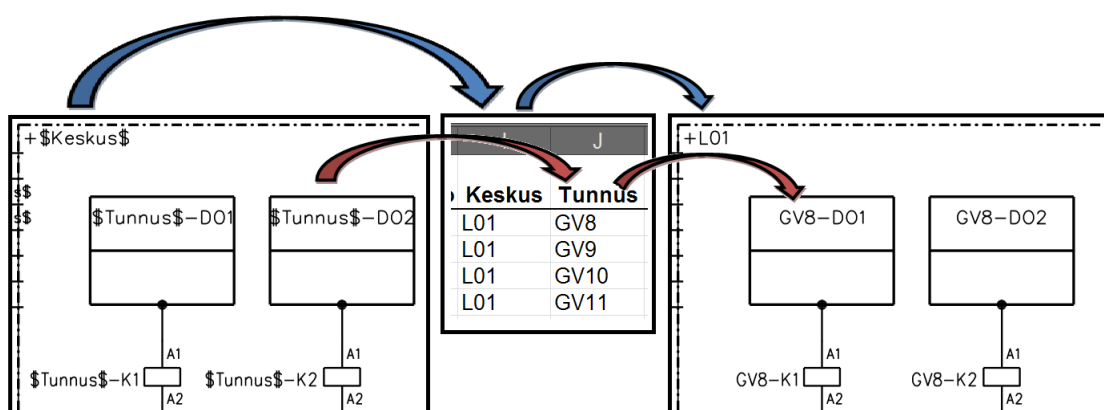
Kuvio 3 Esimerkki generoinnin Excel-taulukosta



Kuvio 4 Pohjakuva Excel-generointia varten



Excel-taulukon ja pohjakuvan linkittyminen perustuu pohjakuvaan \$-merkkien väliin kirjoitetun tekstin ja Excel-taulukon sarakeotsikon vastaavuuteen. Tämä tarkoittaa sitä, että Excel-taulukoiden ja pohjakuvien välisiä linkityksiä voi tehdä lähes mielivaltaisesti, eikä niiden täydy noudattaa mitään tarkkaa formaattia. Ainoa pakollinen sarakeotsikko Excel-taulukossa on ”Pohjakuva”, josta CADS osaa valita oikean pohjakuvan tiedostonimen perusteella. Pohjakuvien pitää olla tallennettuina pohjakuvahakemistoon, joka on oletuksena: ”C:\ProgramData\Kymdata\CADS Planner 16\Electric\Pohjakuvat”. Vaihtoehtoisesti pohjakuva-sarakkeessa voi käyttää kuvatiedoston koko hakemistopolkua. Kuviossa 5 on esitetty tietojen linkittymisen periaate.



Kuvio 5 Linkittyminen Excel-taulukon ja piirikaaviokuvan välillä

Samalla kun opin soveltamaan linkittymistä, aloin pohtia, kuinka tarkasti eri tietoja kannattaa ylipäättään jo generointivaiheessa määrittää, jotta tuotetut kaaviot olisivat mahdollisimman käyttökelpoisia sekä järkevästi muokattavissa. Huomasin esimerkiksi, että kaapeleiden tiedot ja johtimien kytkentätiedot aiheuttavat päänvaivaa, jos niitä joutuu muokkaamaan paljon generoinnin jälkeen. Ongelmia tulee etenkin tilanteessa, jossa saman riviliitinriman ja runkokaapelin halutaan jatkuvan lehdeltä toiselle. Generoinnissa ei ole mahdollisuutta tehdä tätä etukäteen vaan runkokaapelit joutuu esimerkiksi määrittämään kokonaan uudelleen. Tulinkin siihen tulokseen, että jätän kaapelit kokonaan määrittämättä sellaisissa pohjakuvissa,

joissa on mahdollista, että saman runkokaapelin johtimia halutaan käyttää usealla sivulla.

Piirsin pohjakuviksi aluksi vain muutaman yleisimmän piirikaavion, kuten magneettiventtiilin ohjauksen venttiilin raja-antureilla, sekä kolmivaiheisen suoran moottorilähdön. Tarvetta ilmeni myös taajuusmuuttajalähdön ja säätöventtiilin mallipiireille. Taulukossa 7 on listattu kaikki projektissa piirtämäni mallipiirikaaviot, joista esimerkkejä ovat kuvion 4 pohjakuva ja liite 2. Pohjakuvien määrä on melko vähäinen johtuen pääasiassa siitä, että etukäteen oli haastavaa miettiä lopullista tarvetta erilaisille käyttökelpoisille mallipiirikaavioille. Ensisijaisesti olikin tarkoitus, että pohjakuvat saisivat tässä projektissa sellaisen muodon, jota voidaan jatkossa käyttää uusien pohjakuvien piirtämisessä. Projektihakemistoon lisättäisiin uusissa suunnitteluprojekteissa piirretyt pohjakuvat.

**Taulukko 7 Lista piirretyistä mallipiirikaavioista**

Pohjakuva	Kuvaus	Huomiot
Magneettiventtiili.drw	2-suuntainen magneettiventtiili, auki ja kiinni rajoilla	Käyttäjä määrittää runkokaapelit
Magneettiventtiili_exi.drw	2-suuntainen magneettiventtiili, rajat Exi-antureita	Käyttäjä määrittää runkokaapelit
Säätöventtiili.drw	Paineilmalla toimiva säätöventtiili	Kuvassa anturi venttiilille, esim. lämpötilamittaus
Suora_1-vaihelähtö.drw	Yksivaiheinen moottorilähtö	
Suora_3-vaihelähtö.drw	Kolmivaiheinen suora moottorilähtö	
Tamulähtö_termistorilla.drw	Taajuusmuuttajalähtö, moottorissa termistori	Pohjan tamussa Siemens G120C liitinnumerot
8-kanavainen_DI.drw	Digitaalitulokortin yksi ryhmä (tavu) yhdellä lehdellä	Käytä "Ryhmä"-tägiä erottelemaan lehdet toisistaan
8-kanavainen_DO.drw	Digitaalilähtökortin yksi ryhmä (tavu) yhdellä lehdellä	Käytä "Ryhmä"-tägiä erottelemaan lehdet toisistaan
Mittauspiirejä.drw	Esimerkkejä I/O-piireistä, kopioitavaksi	Ei käytettäväksi suoraan generointipohjana

## 6.3 Electric DB -tietokantatyökalu ja sen toiminnot

### 6.3.1 Electric DB -työkalun ja sen toimintojen taustaa

Olin saanut CADSin tietokantatyökalun käytön kokemuksia paljon projektista, jossa työskentelin ennen opinnäytetyötä. Aloitin kuitenkin syvällisemmän perehtymisen katsomalla ensin Kymdatan tuottamat Youtube-videopalveluun ladatut piirikaaviot-sovelluksen opastusvideot. Tein näistä opastusvideoista myös koosteen lyhyine kuvauksineen muiden suunnittelijoiden käyttöön. Kooste opastusvideoista on raportin liitteessä 8.

Tutkin ja selvitin eri tietokantatyökalujen ominaisuuksia ja arvioin niiden potentiaalia suunnittelun tehostamisessa. Tärkeimmiksi työkaluiksi nousivat itse Electric DB -tietokantatyökalun lisäksi siihen liittyvistä toiminnoista luetteloiden generointi tietokannasta Excel-taulukkoon sekä I/O-konfiguraatio -toiminto. Lisäksi tietokantatyökalun toiminnoista tuotetiedot ja kilpitiedot tukevat erityisesti luetteloiden generoinnin hyödyllisyyttä.

### 6.3.2 I/O-konfiguraatio

I/O-konfiguraatio -toiminnon tärkein tehtävä on mielestäni ristiriitaisuuksien ja virheiden ehkäiseminen logiikan osoitteen ja kortin liitinnumeroiden välillä. Toiminnon avulla CADSin tietokantaan voidaan määrittää projektissa käytettävä logiikkakokonaisuus. Toiminnolla voidaan lisäksi asettaa määrittämättömille I/O-pisteille I/O-tieto eli kanavan osoite ja liitinnumero. Nämä tiedot saadaan näkymään kuvassa. Myös etukäteen kootun I/O-luettelon tuonti tietokantaan ja sen hyödyntäminen onnistuu I/O-konfiguraatio -toiminnolla. I/O-luettelon tuonti vaatii kuitenkin käytännössä sitä, että kuvassa on jo valmiiksi kaikki luettelon I/O-pisteet.

Kuvaan, joka on liitetty projektitietokantaan ja johon on lisätty uusi I/O-piste, eli logiikan kanavaa kuvaava elementti, kytkeytyy aina johonkin tietokannan I/O-kokonaisuuteen. Kytkeytyminen perustuu elementin attribuutteihin syötettyihin

tietoihin. Mikäli uudelle I/O-pisteelle ei löydy sopivaa kohtaa olemassa olevasta I/O-kokonaisuudesta, CADS lisää osoitettuun logiikkaan uuden osanumeron eli kanavanumeron ja kytkee luodun I/O-pisteen tähän osanumeroon. Elementeissä, joissa on useampi kuin yksi liitin, liittimen 1 numero on määräävä.

Edellisessä kappaleessa kuvatun osanumeroita lisäävän ominaisuuden takia on havaittu syntyvän merkittäviä virheitä etenkin, kun I/O-pisteitä kopioidaan ja muokataan kuvassa. Tietokannan ja kuvan väliset vastaavuudet näyttäivät menevän usein sekaisin, jos kuvassa olevan I/O-elementin attribuuttien tietoja muokataan siten, että muutos ei aiheuta uuden osanumeron luomista tietokantaan. Kuvassa attribuuttien arvot pysyvät ennallaan niin kauan, kunnes tietokannan tiedot päivitetään kuvaan tai kunnes kuva avataan uudelleen, jolloin ristiriitaisuudet osanumeroissa ja I/O-pisteiden tiedoissa eivät näy heti. Etenkin moniliittimisissä elementeissä muiden kuin liittimen 1 arvon muokkaaminen kuvasta käsin on käytännössä mahdotonta.

Edellä kuvattu ongelma poistuu, kun I/O-konfiguraatiolla tehdään etukäteen oikea logiikkakokonaisuus. Logiikkakokonaisuuden rakentaminen luo oikeat vastaavuudet osanumeroiden ja korttien kanavien välille. Tämä jälkeen jää tehtäväksi ainoastaan haluttujen I/O-pisteiden kytkeminen logiikan tietoihin. Lisäksi suosittelen lähes kaikkien I/O-tietojen muokkausten tekemistä I/O-konfiguraation kautta.

I/O-konfiguraatio -toiminnon logiikkamoduulien tarjonta oli aikaansa jäljessä. Uudempien logiikkasarjojen huomioiminen vaati niiden I/O-korttien lisäämistä tietokantaan. Sain lisättyä kortteja tehokkaasti siten, että loin I/O-konfiguraatiolla ensin uuden logiikkasarjan ja sille uuden kortin. Syötin kortille tarvittavat tiedot ja lisäsin ainoastaan oikean määrän kanavia sekä numeroin ne. Syötin Type-kenttään kortille kuvaavan nimen, koska se näkyy työkalun puunäkymässä. Technical data -kenttään syötin kortin tilausnumeron. Lopuksi lisäsin ainoastaan kanavanumerot riveittäin, enkä välittänyt muista tiedoista, koska syöttäisin ne kuitenkin myöhemmin. (ks. Kuvio 6.)

Type:	DI32x24VDC HF		Item:				
Technical data:	6ES7521-1BL00-0AB0		Group type:	DI			

	Attribute for terminal	Bit Address	Channel number	Terminal number	Address prefix	Base address change	Attribute for signal
			0			0	
			1			0	
			2			0	
			3			0	
			4			0	
			5			0	
			6			0	
			7			0	
			8			0	
			9			0	
			10			0	
			11			0	
			12			0	
			13			0	
**						0	

☐ Clear fields

Kuvio 6 Uuden I/O-kortin luominen

Nyt tietokantaan oli tälle uudelle kortille muodostettu joka kanavalle oma rivi, joille kopioin ennalta valmistelemastani Excel-taulukosta haluamani tiedot. Excel-taulukko oli samannäköinen kuin liitteessä 3 oleva Microsoft Accessin hakunäkymä. Sain haluamani näkymän I/O-kortin kanavista aikaiseksi myös liitteeseen 3 kirjaamallaani SQL-hakulausekkeella. Esimerkiksi kyseisessä lausekkeessa lukeva kortin tyyppi "8DI NAMUR" on sama, jonka kirjoitin I/O-konfiguraatiossa kohtaan "Type" (ks. kuvio 6). Vaihtamalla tähän kortin tyyppiin ja tekemällä haun uudestaan, saan listattua taas jonkin toisen haluamani kortin kanavat.

Lähtökohtaisesti tässä kehitysprojektissa logiikkasarjojen lisäämisessä tietokantaan keskityttiin Siemensin uusimpiin logiikkasarjoihin. Tietokantaan lisätyt logiikkasarjat ovat Simatic S7-1500 -sarja, ja samoja I/O-moduuleja käyttävä ET200MP-hajautusyksikkö sekä räjähdysvaarallisiin tiloihin suunniteltu luonnostaan vaarattomille piireille tarkoitettu ET200iSP-hajautusyksikkö. Lisäsin edellä mainittujen sarjojen I/O-korteista vain todennäköisimmin käytettävät. Tein korttien lisäämisestä ohjeen muiden suunnittelijoiden käyttöön. Lisäsin myös aikaisemmassa projektissa käytettyjä Simatic S7-300-sarjan turva-I/O -kortteja.

I/O-konfiguraation jälkeen voidaan logiikan kanaviin osoittaa projektissa olevia I/O-pisteitä. I/O-pisteet ovat siis kaaviokuvissa olevia symboleja, jotka kuvaavat logiikan liitäntänapoja. I/O-toiminnolla voidaan helposti massana osoittaa kuvan I/O-pisteille korttien kanavat, jolloin kuvaan saadaan näkymään oikeat logiikkaosoitteet ja niitä vastaavat liitinnumerot. Tämä on näytetty hyvin myös Kymdatan opastusvideoissa (ks. liite 8).

### 6.3.3 DB-luettelot

Tein pohjataulukoita luetteloiden generointia varten käyttäen mallina CADSin valmiita pohjia. Selvitin ensin, miten tiedot linkittyvät pohjaluettelon tietojen ja projektitietokannan kanssa. Sen jälkeen pystyin valitsemaan haluamani luetteloitavat tiedot ja muokkaamaan muotoilutkin pohjaan siten, että valmis luettelo on halutussa muodossa.

Luetteloiden generointi tietokannasta onnistuu luettelot-toiminnolla. Työkalulla valitaan luettelon tyyppi sekä luettelopohja. Tämän jälkeen työkalu yhdistää valinnat linkitysten mukaan. CADSiin on valmiiksi määritelty runsaasti erityyppisiä luetteloita. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että työkalu tekee valmiiksi määritellyn tietokantahaun, jonka tulosta käytetään generoinnissa. Käyttäjä voi lisäksi itse tallentaa taulukkopareja kuvaavilla nimillä myöhempää käyttöä varten.

Tiedot linkittyvät pohjaluetteloon sarakeotsikon perusteella. Pohjaluettelossa linkitys tapahtuu siten, että tietokannan sarakeotsikko kirjoitetaan samanmuotoisena dollarimerkkien sisään. Esimerkiksi pohjaluettelon solun teksti \$Tunnus\$ linkittyy työkalun tekemän haun tuloksen Tunnus-sarakkeeseen. Luettelot-työkalu tekee automaattisesti uusia rivejä niin paljon, kuin tietokantahaun tuloksena on löytynyt. Tällöin riittää, että luettelopohjaan on tehty linkitykset yhdelle riville. Periaate on siis sama, kuin aikaisemmin esitellyssä piirikaavioiden generoinnissa. Liitteessä 4 on esimerkki Excel-luettelopohjasta, jossa rivit 1–8 on määritetty otsikkoalueeksi ja varsinainen luettelo alkaa riviltä 9.

### 6.3.4 Tuotetiedot

Luetteloiden generoimisen hyödyllisyyteen vaikuttaa merkittävästi tuotetietojen kattavuus. Tarkoituksena on, että kuvassa oleville kohteille voidaan asettaa tuotetieto, eli tuotenumero ja tyyppi, jonka perusteella oikea tuote voidaan tilata. Kun kohteille on asetettu tuotetiedot, voidaan DB Luettelot -toiminnolla generoida osaluettelo, johon on listattu kaikki projektin laitteet ja kojeet yksittäiset riviliittimet mukaan lukien.

Tuotetietojen asettaminen kuvan kohteille perustuu tuotetietokantaan, joka CADSillä on käytettävissä. CADSin mukana tulee valmiiksi jo melko kattava tietokanta eri valmistajien tuotteista. Tilannetta helpottaa se, että tuotetietoja voi määrittää myös itse tai tuoda ulkoisesta luettelosta tai tietokannasta. Tuotetietojen tuonti onnistuu Electric DB:n tuotetietojen hallinta -toiminnolla, josta löytyy painike ”Tuotetietokantojen tuonti”. Hyödynsinkin tässä tuotetietojen tuontia ulkopuolisesta luettelosta.

Sähkönumerot.fi tarjoaa sivullaan palvelun, jolla valitut kohteet voi ladata Excel-luettelona. Tein hakuja sähkönumerot.fi-sivulla sellaisten valmistajien nimillä, joiden tuotteita halusin lisätä tietokantaan. Luettelot lähetettiin sähköpostitse ja ne sisälsivätkin erittäin yksityiskohtaista tietoa. Tuotetietokantojen tuontitoiminnolla määritin Excel-taulukon ja tietokannan välille sopivat sarakevastaavuudet. Vastaavuuksien valitseminen vaati hieman perehtymistä niin Excel-taulukon sarakkeiden kuin tietokannan sarakkeiden sisältöihin ja ne kannatti tarkistaa eri valmistajien kohdalla uudelleen.

### 6.3.5 Kilpitiedot

CADSin tietokantatyökalu tarjoaa myös toiminnon kohteiden kilpien määrittämiseen ja hallintaan. Kaapelikilpilistan generoiminen onnistuu ilman erillistä kilpitietojen määrittämistä CAD-luettelot -toiminnolla, jolla kaapelikilvistä generoituu CAD-kuva. CAD-kuvana generoitu kaapelikilpiluetelo tarjoaa kaapelin tunnuksen sekä kaapelin

mistä – mihin -tiedon kilven näköisenä kuvan lehdellä. CAD-kuvaan ei ainakaan kovin helposti pystynyt lisäämään mitään tarkempia tietoja kilvestä, kuten sen koosta, kiinnitystavasta ja muista ominaisuuksista.

Kilpitiedot-toiminnolla määritetään ensin erityyppisten kilpien tiedot, joita haluaa projektissa käyttää. Erityyppisiä kilpiä ovat esimerkiksi keskusten, kenttäkoteloiden, kenttälaitteiden sekä kaapeleiden kilvet. Kilpityypille voidaan määrittää muun muassa kilven koko ja väri, tekstin koko ja väri sekä kilven kiinnitystapa. Edellä mainittujen kilpityyppien juuri nämä ominaisuudet vaihtelevat. Esimerkiksi keskusten kilvet ovat huomattavasti suurempia kuin vaikka pienen kenttälaitteen kilpi tai kaapelikilpi.

CADS tallentaa kilpimääritykset hakemistoonsa *EDBProject.mdb*-tietokantaan eli lähes samoin kuin I/O-määritykset ja tuotetietojen määritykset. Tässä on kuitenkin erona se, että uutta projektia luodessa CADs käyttää edellä mainittua *EDBProject.mdb*-tietokantaa uuden projektin tietokannan pohjana. Toisin sanottuna kaikki siellä oleva tieto kopioituu jokaiseen uuteen projektiin.

## 7 ATEX-suunnittelu

Räjähdysvaarallisten tilojen SI-suunnittelua kehitettiin perehtymällä räjähdysvaarallisia tiloja koskeviin direktiiveihin ja standardeihin. Lyhennän räjähdysvaarallisten tilojen SI-suunnittelun ATEX-suunnitteluksi tässä raportissa. Laadin perehtymisen pohjalta muun muassa ohjeita tukemaan ATEX-suunnittelua.

Kokosin yhteen dokumenttiin ohjeita ja huomioita ATEX-suunnitteluun liittyvistä asioista, joihin uuden suunnittelijan hyvä tutustua joka tapauksessa. Tämä ohjedokumentti on toimeksiantajan pyynnöstä jätetty pois raportin liitteistä. Se voi toimia myös käteväenä tarkastuslistana kokeneemmallekin suunnittelijalle, jos haluaa varmistaa esimerkiksi laitevalintaan tai asennuksiin liittyvän seikan. Parhaimmillaan tuottamani materiaali tuo suunnittelijan yleisen koulutuksen jälkeen lähemmäksi



käytännön suunnittelua. En luonnollisestikaan koonnut siihen kaikkea nippelitietoa, vaan poimin siihen omasta mielestäni sellaisia asioita, jotka todennäköisesti tulevat vastaan ATEX-suunnittelussa. Tässä auttoi aikaisemmasta projektista saatu kokemus sekä muiden suunnittelijoiden ehdotukset.

Tein PowerPoint-esityksen muotoon koonnin Dio-koulutuksen Hellstenin laatimasta materiaalista ”ATEX – räjähdysvaaralliset tilat”. Valikoin siihenkin pääasiassa sellaisia asioita, jotka todennäköisesti koskevat Elomaticilla tehtävää SI-suunnittelua. Se muistuttaakin sisällöllisesti paljon edellä mainittua tarkastuslistaa. Valitsin dioihin myös sellaisia asioita, joita tuli ilmi päivän kestäneen kurssin aikana, johon osallistuin. Omasta mielestäni sain esityksen sellaiseen muotoon, joka on helpommin ymmärrettävissä kuin pelkästään materiaalin teksti.

Laadin Exi-piirin varmentamisesta ohjedokumentin, jossa pyrin selostamaan yksiselitteisesti, mikä varmentamisen peruseriaate on ja miten se toteutetaan. Ohjeen lopussa on lisäksi kaksi erilaista esimerkkiä varmennusvertailusta. Lisäksi laadin Excel-taulukkopohjan varmentamisen tueksi. Muodostin taulukkoon valmiiksi sellaiset funktiot ja ehtotarkastelut, että se osaa ottaa automaattisesti huomioon kaikki tämän raportin kohdassa 5.4.2 esitetyt ehdot varmentamisen suorittamiselle. Exi-piirin varmentamisen taulukkopohja on liitteessä 5, johon ainoastaan vaaleansinisiin soluihin tarvitsee syöttää tietoja. Taulukko hoitaa vertailun kaikkien parametrien osalta automaattisesti samalla näyttäen milloin käytetään puolitettuja induktanssi- ja kapasitanssiarvoja eli minkälaisilla arvoilla kulloinkin vertaillaan. Taulukko laskee myös suurimman sallitun kaapelipituuden.

## 8 Projektin tulokset

### 8.1 Tulosten esittely

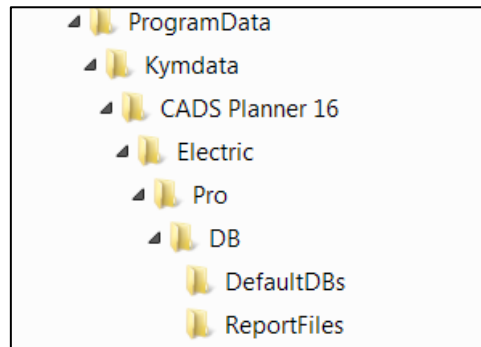
Projektin tuloksena syntyi ohjedokumentteja CADSin käytön helpottamiseksi ja ATEX-suunnittelun tueksi. Ohjeita tukevat lisäksi listaukset piirretyistä mallipiirikaavioista ja muokatuista luettelopohjista. Lisäksi projektissa syntyi määräytyksiä ja valmisteltuja tietoja CADSillä käytettäväksi. Erityisesti tämä opinnäytetyö kehitti asiantuntijuutta sen käsittelemissä asioissa niin Elomaticin käytettäväksi kuin henkilökohtaisestikin.

Projektissa tulokset on suunniteltu esitettävän yrityksen sisäisesti ainakin Elomaticin Jyväskylän toimipisteessä. Projektin aikana on pidetty kehityspalavereita, joissa tuotettuja ohjeita ja piirikaavioita on esitelty muille suunnittelijoille ja niistä on keskusteltu. Pyrin markkinoimaan CADSin ominaisuuksien käyttöönottoa muille suunnittelijoille sekä toimimaan asiantuntijana niihin liittyvissä asioissa.

### 8.2 CADS-tiedostot

Kokosin sopivan kansiorakenteen sisään kaikki projektissa tuotetut luettelopohjat ja CADSin luomat, määräytyksiä sisältävät tiedostot, jotka käyttäjä voi kopioida omalle työasemalleen saadakseen ne helposti käyttöönsä. Rakenne vastaa oletushakemistoa C-asemalla, jonne on tallennettu ennalta vastaavia tiedostoja (ks. kuvio 7).

Kansiorakenteeseen on eri tiedostoihin tallennettuna projektissa luodut I/O-kortit, Excel-luettelopohjat, luetteloasetukset, tuotetietokannat ja niiden määritykset sekä kilpityyppien määritykset.



Kuvio 7 CADSin tiedostojen kansiorakenne

Jotta kaikki CADSiä varten tehdyt määritykset saa otettua käyttöön, on kuvion 7 kansiorakennetta kopioitaessa DB-kansiossa sijaitseva *EDBCommon.mdb*-tietokantatiedosto korvattava uudella. Tämä tiedosto sisältää I/O-konfiguraation käyttämät I/O-korttien määritykset ja tuotetietokantojen määritykset. Tiedosto sisältää myös muutamia käyttäjän henkilökohtaisia määrityksiä kuten esimerkiksi valitut kaapelityypit. Nämä tiedot eivät kuitenkaan ole niin merkityksellisiä säilyttää koskemattomina, joten vanhan tiedoston voi korvata.

### 8.3 Ohjedokumentit

Projektin tuotteena syntyi ohjedokumentteja CADSin käytön tehostamiseen sekä ATEX-suunnittelun tueksi. Liitteessä 6 on kooste tässä projektissa tuotetuista ohjeista lyhyine kuvauksineen. Kaikkia projektissa tuotettua yhteensä kuuttatoista ohjedokumenttia ei tässä raportissa julkaista, sillä ne on tarkoitettu ainoastaan Elomaticin sisäiseen käyttöön. Liitteen 6 ohjeiden otsikot toimivat alkuperäisessä dokumentissa linkkeinä suoraan itse ohjedokumentteihin. Linkit toimivat projektikansion sisällä suhteellisina viittauksina, jolloin koko projekti- tai ohjehakemiston voi kopioida omalle työasemalle tai ulkoiseen muistiin.

Toimeksiantajan pyynnöstä mitään varsinaisia projektissa tuotettuja ohjeita ei julkaistu tässä raportissa. Kaikki dokumentit olivat ainoastaan opettajien saatavilla arviointia varten.

## 9 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Elomaticin sähköautomaatioyksikön kilpailukykyä sähkö- ja instrumentointisuunnittelussa ja markkina-arvoa räjähdysvaarallisten tilojen osalta. Tavoitteita pyrittiin saavuttamaan perehtymällä CADSin käyttöön ja räjähdysvaarallisten tilojen SI-suunnitteluun. Tarkoitus oli saada nopeutettua suunnittelun työvaiheita ja saada yhä useammalle suunnittelijalle tietotaitoa räjähdysvaarallisten tilojen SI-suunnitteluun.

Opinnäytetyön tulokset pyrkivät palvelemaan yrityksen pitkäaikaista strategiaa, jonka mukaan pyritään suurempiin projektikokonaisuuksiin ja erikoisalojen projekteihin. Tuloksina syntyneiden menetelmien käyttöönotto tapahtunee pitkällä aikavälillä, jolloin on vaikea nähdä välittömästi tämän projektin vaikutuksia yrityksen toimintaan laajemmin. Projektin onnistumista voi kuitenkin arvioida suunnittelijoiden antaman palautteen perusteella jo lähitulevaisuudessa, kun sitä saadaan käyttöönottojen yhteydessä.

Odotin CADSin ominaisuuksien olevan käyttökelpoisempia ja enemmän sovellettavissa. Kokeillessamme esimerkiksi I/O-konfiguraation ominaisuuksia eräässä suunnitteluprojektissa, työkalu osoittautui hieman kömpelöksi käyttää, eikä sillä päästy haluttuun lopputulokseen I/O-tietojen tuonnin osalta. Opinnäytetyön aikana selvisi, että ainakin I/O-konfiguraatio -toimintoon olisi tulossa isompi muutos, tai se on korvautumassa kokonaan. Ilmeisesti ainakin I/O-työkalun ongelmat on havaittu myös Kymdatalla. Järkevämpää olisikin, että muun muassa I/O-konfiguraation käyttämät logiikkasarjojen määritykset pidettäisiin ajan tasalla Kymdatan puolesta. Lisäksi kysyessäni Kymdatalta tuotetietokantojen yhteiskäyttömahdollisuudesta sain vastaukseksi, ettei se ole vielä mahdollista. Näiden asioiden valossa voisi kuitenkin olettaa Kymdatan panostavan merkittävästi CADSin kehittämiseen.

ATEX-suunnittelun kehittämiseksi tuotettujen tuloksien testaamiseen tarvitaan todellinen projekti, jossa tehdään SI-suunnittelua räjähdysvaarallisiin tiloihin.

Haasteita testaamiselle asettaa se, että tällaiset projektit eivät ole Elomaticilla kovin yleisiä, joten luonnollisesti niitä tulevat tekemään ensisijaisesti sellaiset suunnittelijat, joilla on ATEX-suunnittelusta kokemusta. Uskon kuitenkin, että ATEX-suunnittelua tukevista ohjeista on hyötyä myös kokeneille suunnittelijoille. Haasteita ATEX-suunnittelun osalta asettaa myös se, että Elomaticilla uusien suunnittelijoiden ryhtyminen tälle alalle on vielä harvinaisempaa kuin itse ATEX-suunnittelua sisältävät projektit. Mielestäni räjähdysvaarallisten tilojen SI-suunnittelun vahvistamiseksi täytyisi ennakoivasti kouluttaa suunnittelijoita ja esitellä tämän opinnäytetyön tuloksia.

Jatkokehityksenä oli tarkoitus kartoittaa Elomaticin oman suunnittelujärjestelmän kehittämistä ja ylläpitoa Kymdatan edustajan kanssa. Opinnäytetyön osuuteen tätä ei otettu mukaan liian pitkän aikataulun takia sekä siksi, että valittu lähestymistapa palveli paremmin itsenäisen työn tekemistä. Mikäli CADSin käyttöön aiotaan kehittää Elomaticille räätälöity suunnittelujärjestelmä, siihen tarvitaan suoraan Kymdatan konsultointia.

Opinnäytetyö ei kehittänyt varsinaisesti mitään uutta, vaan se pyrki ainoastaan tuomaan toimeksiantajan käytettäväksi jo olemassa olevaa tietoa hieman paremmassa muodossa. Kymdata on kehittänyt CADSin ominaisuudet ja työkalut jo ennalta sellaisiksi, kuin ne tässä opinnäytetyössä oli. Myös kaikki räjähdysvaarallisten tilojen suunnitteluun liittyvät asiat on määritelty eri standardeissa. Toimeksiantajalle tulokset voivat kuitenkin olla merkittäviä. Opinnäytetyön tarkoitus olikin palvella toimeksiantajaa, mikä näkyy työn tavoitteissa ja tehtävissä.

Opinnäytetyön aikana kehittynyt asiantuntijuus ja sitoutuneisuus opinnäytetyössä käsiteltyihin asioihin ovat mielestäni erittäin merkittävässä roolissa tulosten hyödyntämisen kannalta. En usko, että työstämiäni ohjeita ja määrittäviä juuri käytettäisi, ellen voisi olla siihen itse vaikuttamassa. Jos työsuhteeni ei jatkuisi Elomaticilla opinnäytetyön jälkeen, tulosten hyödyntämisen varmistamiseksi täytyisi esimerkiksi pitää useampi tulosten esittelytilaisuus ja ehkä erillisiä koulutuksia. Tulosten hyödyntämiseksi on siis yksinkertaisinta, että voin esimerkiksi yhden

esittelykerran jälkeen keskittyä neuvomaan ja opastamaan yksityiskohtaisissa asioissa silloin, kun ne tulevat ajankohtaisiksi. Luulen, että vain harvat suunnittelijat tutustuisivat projektissa tuotettuihin ohjeisiin täysin omatoimisesti.

Opinnäytetyön kehittämällä asiantuntijuudella on lisäksi minulle henkilökohtaista merkitystä. Olen parhaimmillani erikoistuessa yksittäisiin erikoisosaamista vaativiin asioihin. Tämän opinnäytetyön aihe mahdollisti erikoistumisen CADSin käyttöön ja räjähdysvaarallisten tilojen SI-suunnitteluun. Erityisesti räjähdysvaarallisten tilojen SI-suunnittelusta voisin mahdollisuuksien mukaan kehittää itselleni yhden erikoisosaamisalan.

Kehitysprojektin suunnitelmassa esitetään minun liittymistä Elomaticin ATEX-ryhmään, johon kuuluu muutamia suunnittelijoita ympäri suomea ja joka kehittää ja ylläpitää ATEX-tietoutta Elomaticilla. ATEX-ryhmä voisi olla hyvä kanava päästä hyödyntämään ja kehittämään tässä opinnäytetyössä hankittua henkilökohtaista osaamista vielä lisää.

## Lähteet

2014/34/EU. 2014. Euroopan unionin virallinen lehti. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. Viitattu 19.3.2015. [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/PDF/?uri=OJ.JOL\\_2014\\_096\\_R\\_0309\\_01&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/PDF/?uri=OJ.JOL_2014_096_R_0309_01&from=EN)

ATEX. N.d. Elomaticin HSE-palvelut. Yrityksen omat sivut. Viitattu 19.3.2015. <http://www.elomatic.com/fi/palvelut-ja-tuotteet/hse-palvelut/atex.html>

ATEX Guidelines. 2012. Guidelines on the application of directive 94/9/EC. 4<sup>th</sup> edition. Päivitetty joulukuussa 2013. [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/atex/guide/atex-guidelines\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/atex/guide/atex-guidelines_en.pdf)

Hellsten, K. 2014. ATEX-räjähdysvaaralliset tilat. Dio-koulutusmateriaali. Koulutus Jyväskylässä 30.10.2015.

IEC 60079-14. 2013. Explosive atmosphere – Part 14. Electrical installations design, selection and erection. IEC.

Kymdata Oy. N.d., Yrityksen perustiedot. Viitattu 22.2.2015. <http://www.cads.fi/fi/Yhteys/Tietoa%20yrityksest%C3%A4/Perustiedot/>

Kääriäinen, J. 2015. Projektisuunnitelma. SI Suunnittelu ATEX ympäristössä hyödyntäen mallipiirikaavioperiaatetta - ELOMATIC, Suomi, EIAIT. Elomaticin sisäinen dokumentti.

Meidän tarinamme. N.d. Elomatic Oy, yrityksen esittely, Viitattu 22.2.2015. <http://www.elomatic.com/fi/yritys/meidan-tarinamme.html>

Mäkinen, T. 2015. Elomatic Oy. Projektipäällikkö. CADS-pääkäyttäjä. Haastattelu. 10.4.2015.

NAMUR-Sensor. N.d. Wikipedia-artikkeli, jonka lähteenä käytetty todennäköisesti NAMUR-järjestön dokumentteja tai NAMURia käsittelevää EN 60947-5-6 (2000) -standardia, joita en saanut käyttööni. Viitattu 4.5.2015. <http://de.wikipedia.org/wiki/NAMUR-Sensor>

Nurmi, T. 2015. Uuden ATEX-direktiivin aiheuttamat muutokset. Sähköpostikeskustelu. 23.3.2015–1.4.2015. Vastaanottaja J. Katainen. SESKO ry:n teknisen johtajan tarkennuksia uuden direktiivin aiheuttamista muutoksista.

SFS-käsikirja 604-1. 2010. SESKO ry. Helsinki: Suomen Standarsisoimisliitto SFS.

SFS-käsikirja 604-2. 2009. SESKO ry. Helsinki: Suomen Standarsisoimisliitto SFS.

ST-kortti 51.83. 2014. Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa. Sähkötieto ry. Sähköinfo Oy.

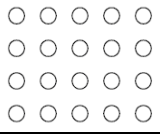
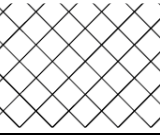
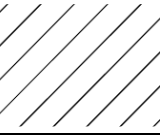
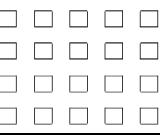
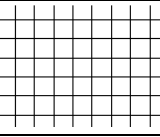
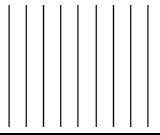
Toimistot. N.d. Elomaticin toimipisteiden yhteystiedot. Viitattu 8.4.2015.  
<http://www.elomatic.com/fi/ota-yhteytta/toimistot/>

Tuotteet. N.d. Kymdatan tuotesivu. Viitattu 20.3.2015.  
<http://www.cads.fi/fi/Tuotteet/>



## Liite 1. Tilaluokituksen parametrit ja laitesuojaustasot

(Tiedot ST-Kortti 51.82, 2014; Käsikirja 604-1, 2010, 85, 138, 142, 214; Hellsten 2014)

	Tilaluokka	Selite	Piirrosrasteri	Laiteluokka	Laitesuojaus- taso (EPL)*
Palavat nesteet ja kaasut	0	Kaasun tai höyryn räjähdysherkkää ilmaseosta esiintyy jatkuvasti tai usein toistuvasti		1G	Ga
	1	Kaasun tai höyryn räjähdysherkkää ilmaseosta esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti		2G	Gb
	2	Kaasun tai höyryn räjähdysherkän ilmaseoksen esiintyminen on normaalitoiminnassa epätodennäköistä ja kestoltaan lyhytaikaista		3G	Gc
Palavat pölyt	20	Pölyn räjähdysherkkää ilmaseosta esiintyy jatkuvasti tai usein toistuvasti		1D	Da
	21	Pölyn räjähdysherkkää ilmaseosta voi normaalitoiminnassa muodostua		2D	Db
	22	Pölyn räjähdysherkän ilmaseoksen esiintyminen on normaalitoiminnassa epätodennäköistä ja joka tapauksessa vain lyhytaikaista		3D	Dc

### \*Equipment Protection Level, laitesuojaustaso

a	Laite ei aiheuta räjähdysvaaraa kahdessa harvinaisessa toisistaan riippumattomassa vikatilanteessa.	erittäin korkea suojaustaso
b	Laite ei aiheuta räjähdysvaaraa satunnaisissa odotettavissa olevissa vikatilanteissa.	korkea suojaustaso
c	Laite ei aiheuta räjähdysvaaraa normaalikäytössä tai säännöllisesti odotettavissa olevissa vikatilanteissa (esim. lampun palaminen)	parannettu suojaustaso

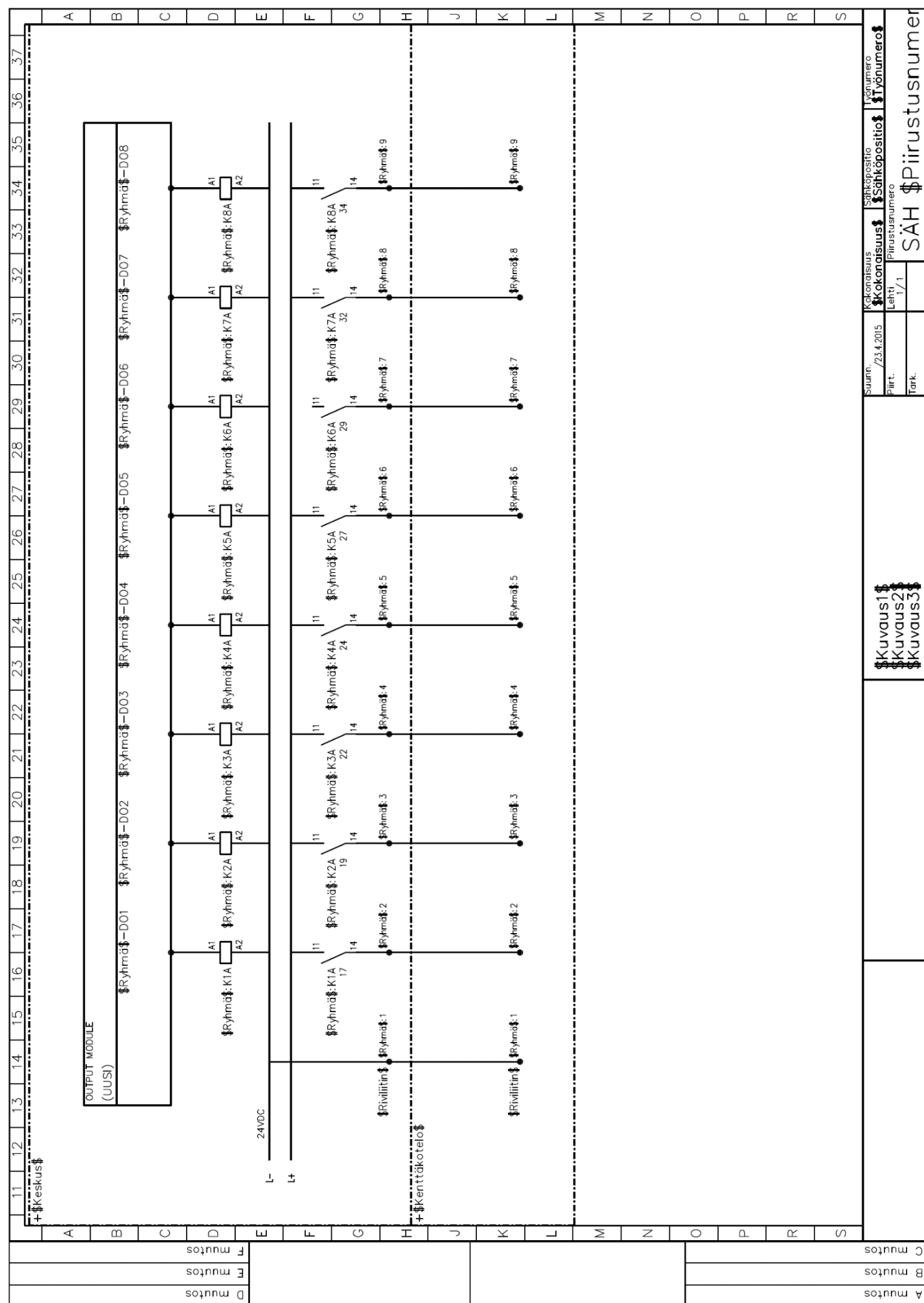
### Lämpötilaluokat

Merkintä	Lämpötilaraja
T1	450 °C
T2	300 °C
T3	200 °C
T4	135 °C
T5	100 °C
T6	85 °C

### Pölyryhmät

IIIA	Kuidut
IIIB	Johtamaton pöly
IIIC	Johtava pöly

## Liite 2. I/O-mallipiirikaavio



### Liite 3. Access hakulauseke

#### SELECT

IOKorttienKanavat.Attribuutti,  
IOKorttienKanavat.Bittiosoite,  
IOKorttienKanavat.Kanavanumero,  
IOKorttienKanavat.Liitinnumero,  
IOKorttienKanavat.Sanan\_muutos,  
IOKorttienKanavat.Signaali

#### FROM

IOKorttit

#### INNER JOIN

IOKorttienKanavat

#### ON

IOKorttit.KorttiGUID = IOKorttienKanavat.IsantaGUID

**WHERE** (((IOKorttit.Kortin\_tyyppe)="8DI NAMUR"))

**ORDER BY** IOKorttienKanavat.Kanavanumero;

Query1						
Attribuutti	Bittiosoite	Kanavanumero	Liitinnumero	Sanan_muutos	Signaali	
E_PINX001	.0	1	1	0	IN0	
E_PINX002		1	2	0	VS	
E_PINX001	.1	2	5	0	IN1	
E_PINX002		2	6	0	VS	
E_PINX001	.2	3	9	0	IN2	
E_PINX002		3	10	0	VS	
E_PINX001	.3	4	13	0	IN3	
E_PINX002		4	14	0	VS	
E_PINX001	.4	5	3	0	IN4	
E_PINX002		5	4	0	VS	
E_PINX001	.5	6	7	0	IN5	
E_PINX002		6	8	0	VS	
E_PINX001	.6	7	11	0	IN6	
E_PINX002		7	12	0	VS	
E_PINX001	.7	8	15	0	IN7	
E_PINX002		8	16	0	VS	
*						

Hakulausekkeen tulos EDBCommon.mdb-tietokantatiedostosta

## Liite 4. Excel-pohja I/O-luettelon generointiin

## I/O-Luettelo

[illegible]

Exi-piirin varmentaminen

Asiakas:

Kohde: \_\_\_\_\_  
Tilaluokitus: \_\_\_\_\_  
Piirin kuvaus: \_\_\_\_\_  
ATEX-numero: \_\_\_\_\_

Laitetunnus	Liitännäislaitte				U <sub>o</sub> [V]	I <sub>o</sub> [mA]	P <sub>o</sub> [mW]	L <sub>o</sub> [mH]	C <sub>o</sub> [nF]	Räjähdyss-ryhmä	Lämpötila-luokka
	Kuvaus	Tyyppi	Valmistaja	Sertifikaatti							
	Syötä tietoja vain vaaleansinisiin soluihin!										

Laitetunnus	Exi-laitte				U <sub>i</sub> [V]	I <sub>i</sub> [mA]	P <sub>i</sub> [mW]	L <sub>i</sub> [mH]	C <sub>i</sub> [nF]	Räjähdyseryhmä	Lämpötilaluokka
	Kuvaus	Tyyppi	Valmistaja	Sertifikaatti							

Kaapelitunnus	Kaapelit				L <sub>c</sub> [mH/km]	C <sub>c</sub> [nF/km]	L <sub>c</sub> [mH]	C <sub>c</sub> [nF]	Maksimipituus (m)
	Tyyppi	Pituus (m)							
							0	0	0
							0	0	0
					yht.		0	0	0

Päivämäärä: \_\_\_\_\_  
Laskennan suorittaja: \_\_\_\_\_

Ehdot				Vertailu			Tulos
U <sub>o</sub>	≤	U <sub>i</sub>	0	≤	0	OK	
I <sub>o</sub>	≤	I <sub>i</sub>	0	≤	0	OK	
P <sub>o</sub>	≤	P <sub>i</sub>	0	≤	0	OK	
L <sub>o</sub>	≥	L <sub>i</sub> +L <sub>c</sub>	0	≥	0	OK	
C <sub>o</sub>	≥	C <sub>i</sub> +C <sub>c</sub>	0	≥	0	OK	

## Kooste kehitysprojektissa tuotetuista ohjeista

SI suunnittelu ATEX ympäristössä hyödyntäen mallipiirikaavioperiaatetta

### Sisältö

1. CADS	2
1.1. Generoidun piirikaaviokuvan muokkaaminen	2
1.2. I/O-laitteiden lisääminen tietokantaan	2
1.3. I/O-tietojen määrittäminen	2
1.4. IO-tietojen tuonti luettelosta	2
1.5. Kooste opastusvideoista	2
1.6. Luetteloiden generointi tietokannasta	2
1.7. Oman piirustus pohjan luominen	2
1.8. Tietokannan kilpitiedot	2
1.9. Tuotetietojen tuonti	2
1.10. Vinkkejä käyttöön	2
2. ATEX	3
2.1. Exi-piirin varmennus	3
2.2. Käsikirjat ja standardit	3
2.3. NAMUR tekniikka	3
2.4. Poiminnat Dio koulutuksen materiaalista	3
2.5. Suunnittelun muistilista	3
2.6. ATEXiin liittyvät asiakirjat	3

## 1. CADS

### 1.1. [Generoidun piirikaaviokuvan muokkaaminen](#)

- Pohjakuvan ja Excel-taulukon perusteella luodun pohjakuvan muokkaaminen

### 1.2. [I/O-laitteiden lisääminen tietokantaan](#)

- Uuden PLC-sarjan ja I/O-kortin lisäämien tietokantaan I/O konfiguraatio -toiminnolla

### 1.3. [I/O-tietojen määrittäminen](#)

- Määritetään I/O-tiedot, eli logiikan osoite ja kortin liitinnumero kuvaan tietokannasta

### 1.4. [IO-tietojen tuonti luettelosta](#)

- Ulkoisen I/O-luettelon tuonnin määrittäminen tietokantaan sekä mitä hyötyä siitä on

### 1.5. [Kooste opastusvideoista](#)

- Kymdatan opastusvideoiden otsikot linkkeineen ja lyhyine kuvauksineen

### 1.6. [Luetteloiden generointi tietokannasta](#)

- Luetteloiden generoimisen kertaus sekä ohjeet omien pohjien luomiseen

### 1.7. [Oman piirustuspohjan luominen](#)

- Asiakkaalta CAD-kuvana saadun pohjakuvan määrittäminen CADS pohjakuvaksi

### 1.8. [Tietokannan kilpitiedot](#)

- Kilpitioiden lisääminen tietokantaan ja niiden käyttäminen luetteloiden generoinnissa

### 1.9. [Tuotetietojen tuonti](#)

- Uusien tuotetietojen lisääminen CADS:n tietokantaan Sähkönumerot.fi -suvulta

### 1.10. [Vinkkejä käyttöön](#)

- Kehitettyjen ehostusten käyttöönotto sekä näppäriä työkaluja ja toimintoja

## 2. ATEX

### 2.1. [Exi-piirin varmennus](#)

Ohje Exi-piirin varmennuksen tekemiseen

### 2.2. [Käsikirjat ja standardit](#)

-Kooste SFS käsikirjoista ja niiden sisältämistä standardeista

### 2.3. [NAMUR tekniikka](#)

Lyhyt selostus siitä mitä NAMUR tarkoittaa ja mihin NAMUR-anturin toiminta perustuu

### 2.4. [Poiminnat Dio koulutuksen materiaalista](#)

Tiivistelmä Dio koulutuksen materiaalista ATEX – räjähdysvaaralliset tilat

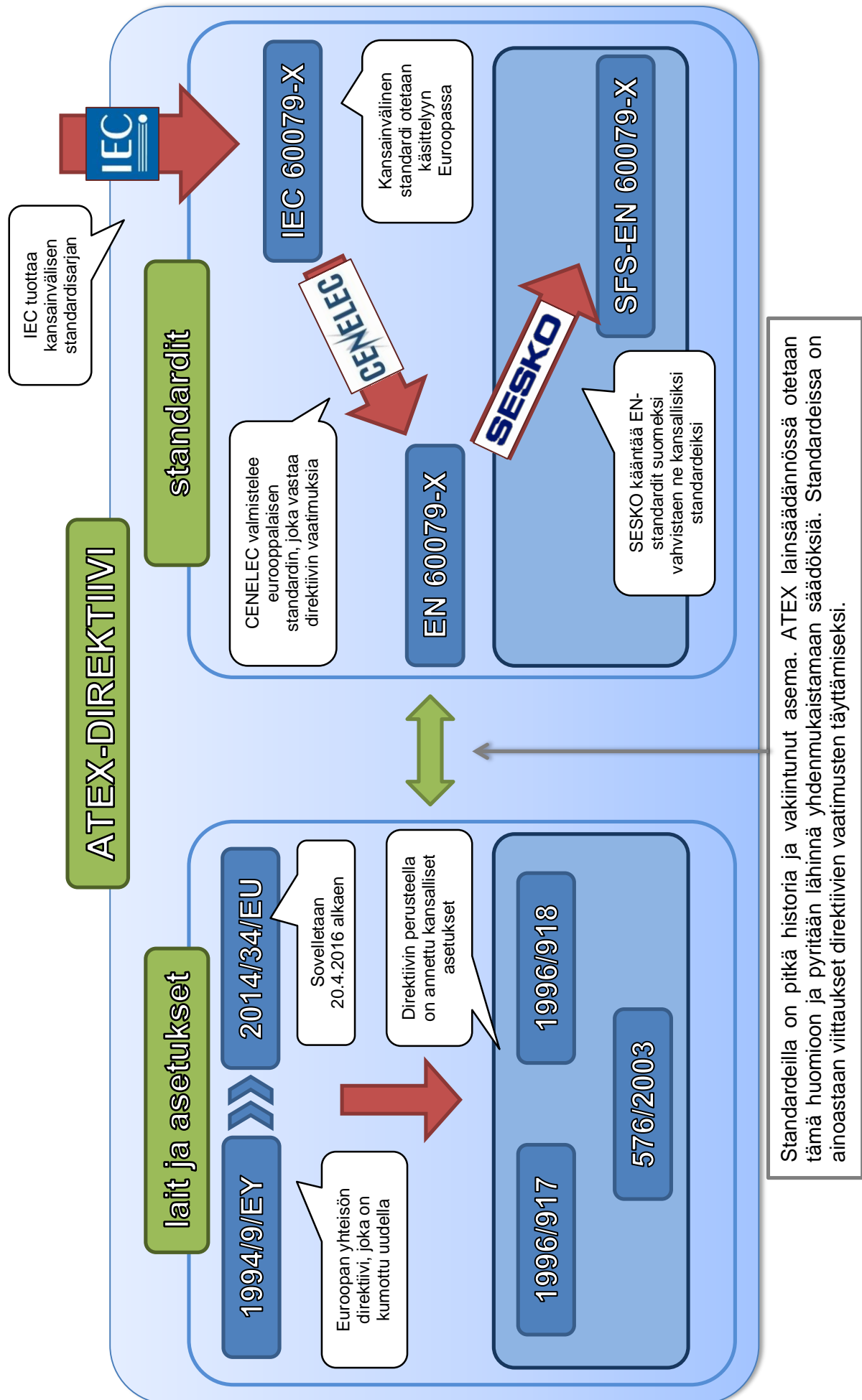
### 2.5. [Suunnittelun muistilista](#)

Tiivistelmä tärkeimmistä asioista liittyen Si suunnitteluun Ex-tiloissa

### 2.6. [ATEXiin liittyvät asiakirjat](#)

Tiivistelmä standardin taulukosta, joka listaa ATEX suunnitteluun liittyvät asiakirjat





## Sisältö

1.	Mallipiirikaavioiden generointi Excel tiedoston pohjalta	2
2.	Projektitietojen massamuokkaukset Excelin kautta	2
3.	Projektin kuvien tulostus sekunneissa	2
4.	Kielikäännökset asiakaskuvataallennuksessa	2
5.	Johtimien käyttö	2
6.	Ristiviittaukset	2
7.	Kaapelien käyttö	3
8.	Tuotetietojen määrittäminen	3
9.	Projektipuun käyttö	3
10.	Demot	4
10.1.	Demo 1/3: Tietokanta	4
10.2.	Demo 2/3: Excel-generointi	4
10.3.	Demo 3/3: Tietokantapohjainen työkalu	4

Tähän ohjeeseen on koottuna Kymdatan tekemät opastusvideot CADS:n Piirikaaviot-sovelluksesta.

### 1. [Mallipiirikaavioiden generointi Excel tiedoston pohjalta](#)

- Tässä videossa näytetään, kuinka Excel-taulukon ja mallipohjan välille tehdään linkitykset sekä miten niistä generoidaan piirikaavioita.

### 2. [Projektitietojen massamuokkaukset Excelin kautta](#)

- Videossa opastetaan tietokannan massamuokkaukseen Excelin avulla. Saat muokattua suuriakin rivimääriä kätevästi Excelissä ja tuotua muokkaukset takaisin tietokantaan yhdellä klikkauksella.

*Vinkki: Voit järjestää ja suodattaa rivejä Excelissä muokkaamisen helpottamiseksi, mutta **järjestys pitää palauttaa** alkuperäiseksi ennen tietojen tuomista takaisin tietokantaan!*

*Lisää järjestyksen ylläpitämiseksi taulukon oikealle puolelle järjestysnumerosarake muokkaamisen ajaksi ennen kuin muutat järjestystä. Saat sen avulla palautettua järjestyksen takaisin.*

### 3. [Projektin kuvien tulostus sekunneissa](#)

- Videossa opastetaan jonotulostus, eli kuinka monisivuisesta sähkökuvasta saadaan monisivuinen PDF-tiedosto.

### 4. [Kielikäännökset asiakaskuvatallennuksessa](#)

- Tässä opastetaan kielikäännöksen tekeminen kuviin asiakaskuvatallennuksen kautta.

*Lisäksi videossa Demo 3/3 ohjeistetaan kielikäännöksen tekemisen lisäksi käännösten lisääminen CADS:n sanakirjaan. Videossa puheopastus.*

### 5. [Johtimien käyttö](#)

- Tässä näytetään, kuinka johtimet käyttäytyvät niitä piirrettäessä ja kuinka johtimien tietoja voidaan kätevämmiin käsitellä ja muokata.

### 6. [Ristiviittaukset](#)

- Ristiviittausten tekeminen symboleiden välille sekä johdotusviittaukset toisille lehdille.

## 7. [Kaapectien käyttö](#)

- Kaapectin tietojen määrittys sekä määrittämättömien johtimien muuttaminen kaapectin johtimiksi. Lopuksi näytetään esimerkkejä erilaisista CAD ja Excel-luetteloista.

*Huomaa, että kaapectin Mistä–Mihin-tieto voi olla eri kuin johtimen vastaava. Tarkoituksena on kuitenkin, että kaapectin tieto siirtyy johtimille.*

## 8. [Tuotetietojen määrittäminen](#)

- Tuotetietojen määrittys laitteille tuotetietokannasta sekä laiteluettelon generointi Excel-  
taulukkaan.

*Voit myös määrittää itse uuden tuotetiedon tai tuoda tuotetietoja Excel-taulukosta.*

## 9. [Projektipuun käyttö](#)

- Navigointi projektipuun ja kuvan välillä

*Tietokantaan lisätty projekti tuo projektipuuhun kohteiden muokkausominaisuuksia, kuten kaapectin johtimien määrittys ja piirto.*

## [10. Demot](#)

Demoissa puheselostus.

### [10.1. Demo 1/3: Tietokanta](#)

- Perus navigointia ja tietojen syöttöä projektipuussa ja tietokannassa ([1:00](#))
- Kaapelin muokkaus ja tyyppin vaihto tietokannassa ([3:30](#))
- CADS Electric DB – tietokantatyökalun esittely ([7:00](#))

### [10.2. Demo 2/3: Excel-generointi](#)

- Excel-piiriluettelon esittely ([1:00](#))
- Pohjakuvan esittely ([2:20](#))
- I/O-luettelon luonti generoidusta piirikuvasta ([6:20](#))
- I/O-räkin luominen ja I/O-pisteiden kytkeminen kanaviin ([7:20](#))
- Dokumenttiluettelon luonti ([12:15](#))

### [10.3. Demo 3/3: Tietokantapohjainen työkalu](#)

- Kaapeleiden kytkentäluettelon luonti ([1:20](#))
- Kohteiden suodatus ja massamuokkaus Electric DB:ssä ([2:15](#))
- Kielikäännösten tekeminen ja sanojen lisääminen sanakirjaan ([8:15](#))
- Asiakaskuvatallennus kielikäännöksineen ([10:30](#))